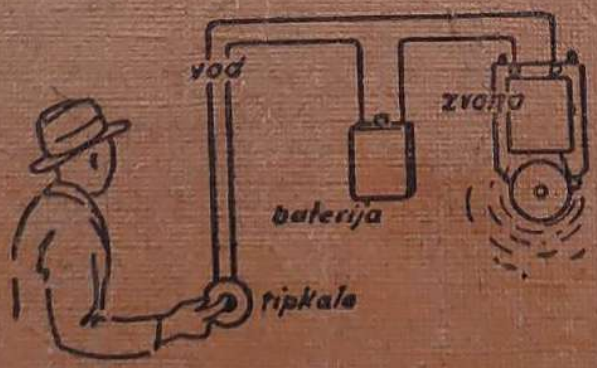
G. BÜSCHER

OSNOVI ELEKTROTEHNIKE U SLIKAMA

PRIREDIO

Dr LJUDEVIT ŠPLAIT

SA 297 SLIKA



TISAK I NAKLADA KNJIŽARE ST. KUGLI, ZAGREB, ILICA 30

Br. 2497

G. BÜSCHER

OSNOVI ELEKTROTEHNIKE

U SLIKAMA

PRIREDIO

Dr. LJUDEVIT ŠPLAIT

SA 297 SLIKA

TISAK I NAKLADA KNJIŽARE ST. KUGLI, ZAGREB, ILICA 30

UVOD

Elektriciteta je tako stara kako je star svijet, a ipak znamo vrlo malo o njezinoj biti. Nauka nam ne može kazati, što je elektriciteta, ali mnogogodišnja naučna istraživanja su pokazala kako možemo tu prirodnu energiju upotrijebiti u različite svrhe.

Zbog toga ne ćemo se kod naših razlaganja osvrtati na različite teorije i ne ćemo pitati, što je elektriciteta, nego ćemo prikazati poznata svojstva njezina i pokušati rastumačiti na sasvim jednostavan način, kako su tehničari tu vrst prirodne energije znali upotrijebiti i učiniti čovječanstvu korisnom.

Tokom naših razlaganja mnogo ćemo se služiti usporedbama s pojavama, koje su nam iz običnog života poznate, da bi tako što bolje i laglje shvatili prilike kod struje.

SADRŽAJ

Strana

I. Električna struja 11
A. Jakost struje 11
B. Napetost 23
C. Jakost struje i napetost . . . 40
D. Vat, kilovat, kilovatsat . . . 49
E. Otpor 62
F. Jakost struje, napetost i otpor 67
G. Istosmjerna i izmjen. struja 71
H. Osnovi izmjenične struje . . 72
J. Frekvencija izmjenične struje 76

II. Magnetizam i elektromagnetizam 83
A. Magnetizam 83
B. Elektromagnetizam 88

III. Dobivanje struje 101
Baterije 101

VI. Prenos električne energije . . . 113

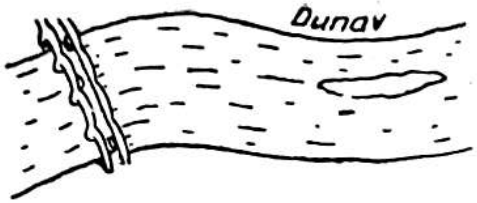
I. ELEKTRIČNA STRUJA

A. Jakost struje

Najbrže ćemo rastumačiti što je električna struja, ako je usporedimo sa strujom vode, jer su nam njezina svojstva dobro poznata. Znamo, da nalazimo malene potoke u čijem koritu teče malo vode i ogromne rijeke, koje nose sa sobom vrlo velike množine vode.

Mala množina vode (mala rijeka).
Uzmimo, da je jakost vodene struje = 1.

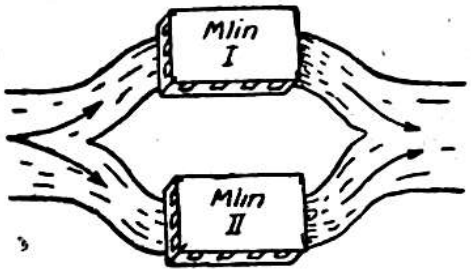
Velika množina vode (velika rijeka).
Uzmimo, da je jakost vodene struje = 100.



Osobito velika množina vode (vrlo velika rijeka).

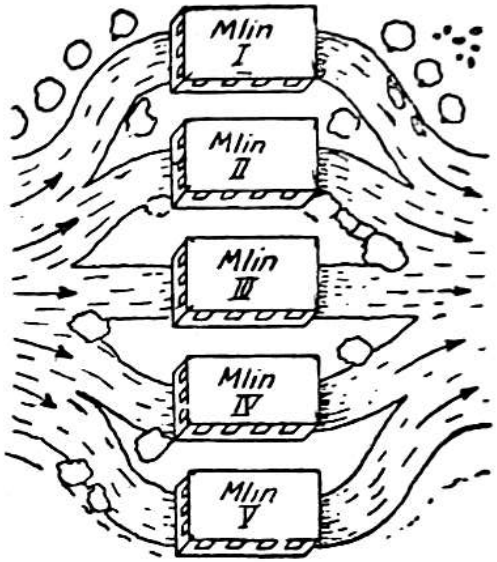
Uzmimo, da je jakost vodene struje = 1000.

Mala rijeka može tjerati j e d a n mlin.
Neka je jakost vodene struje u rijeci = 1.



Rijeka, koja je dva puta tako velika, može tjerati d v a mlina, koji su jednako veliki kao u prvom slučaju.

Neka je jakost vodene struje u tom slučaju = 2.

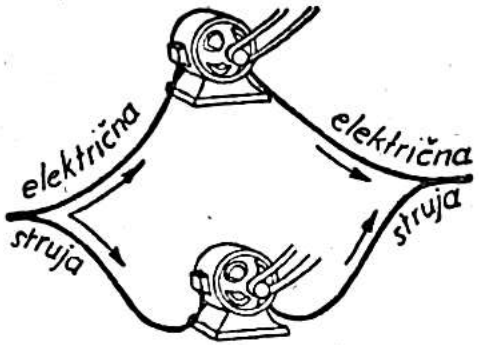


Rijeka, koja je pet puta tako velika, može tjerati p e t mlinova, koji su iste veličine kao u prvom slučaju.

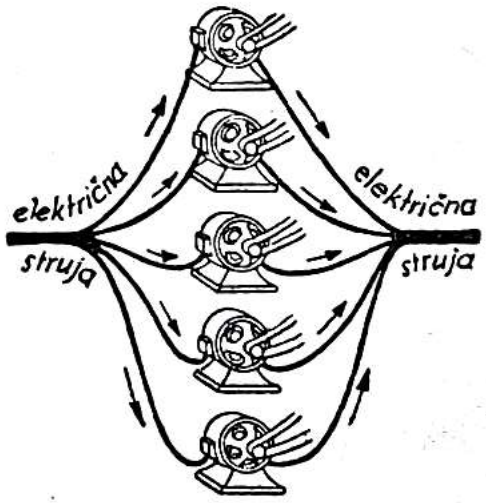
Neka je jakost vodene struje u tom slučaju = 5.

Električnu struju, koja teče u kovnoj žici mi ne vidimo.

Ovdje tjera električna struja j e d a n m o t o r: jakost struje = 1.



Ovdje tjera ona d v a motora (iste veličine kao u prvom slučaju). Struja mora biti u tom slučaju dvostruke jakosti. Jakost struje = 2.



Ovdje tjera električna struja 5 motora, pa mora zbog toga biti 5 puta tolika kao u prvom slučaju. Jakost struje = 5.

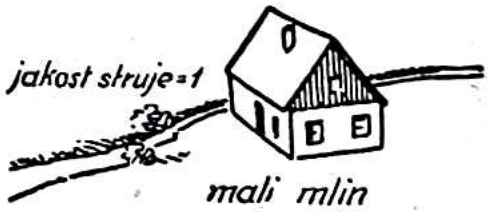
Množina vode mjeri se litrama: jedna, dvije, pet ili 1000 litara. Kod električne struje mje-

rimo množinu struje, koja teče kroz žicu s amperima: jedan, dva, pet ili 1000 ampera.

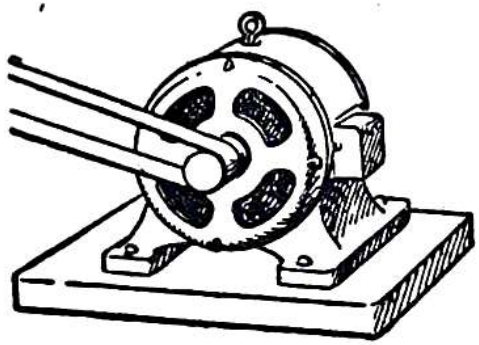
Na taj način upoznali smo prvi i vrlo važni pojam u nauci o elektriciteti: j a k o s t s t r u j e.

Nastavimo s našim usporedbama električne struje s vodenom strujom.

Mjesto p e t m a l i h mlinova, možemo staviti u pogon j e d a n v e l i k i mlin, ako mu dovodimo jednaku množinu vode.



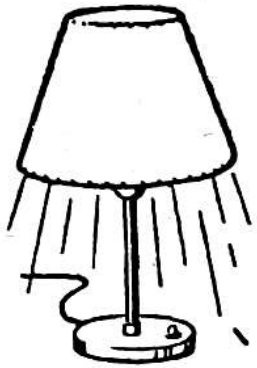
Za ovaj mali mlin potrebna je samo $^1/_5$ vodene struje, koju troši veliki mlin.



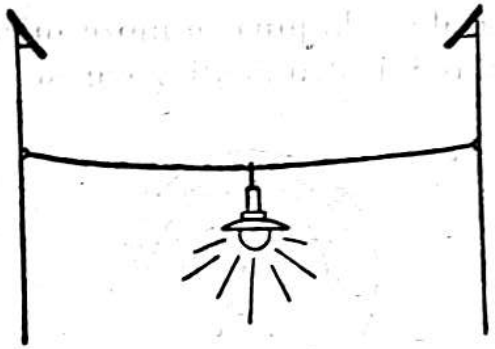
Isto tako je i kod elektricitete. Taj veliki motor troši mnogo više struje . . .

. . . nego ovaj mali.

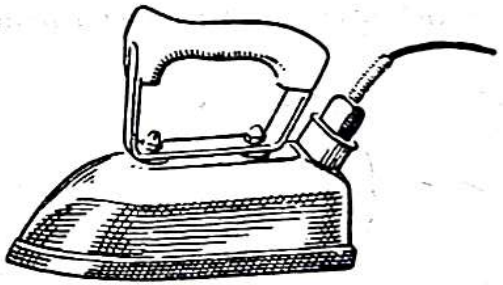
Množina struje, koja prolazi kroz različite poznate električne aparate vrlo je različita.



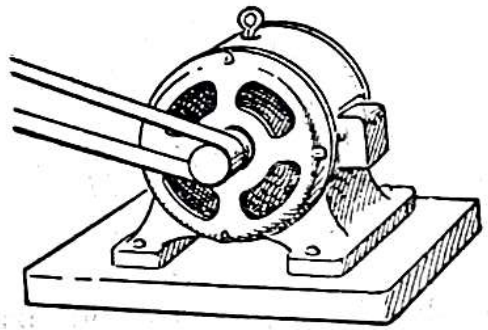
Mala električna žarulja troši po prilici $^1/_{10}$ ampera (amper je, kako smo prije kazali, jedinica za mjerenje jakosti struje), . . .



. . . dok ova velika ulična žarulja troši možda i p e t ampera.

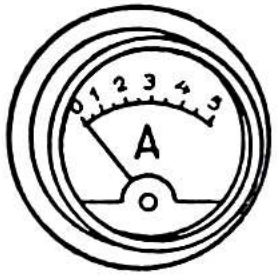


Ovo električno gladilo propušta električnu struju jaku 2 ampera.

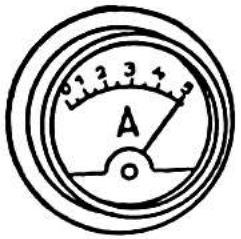


A ovaj elektromotor sa snagom od 10 konjskih sila, propušta kroz svoju unutrašnjost više nego 30 ampera.

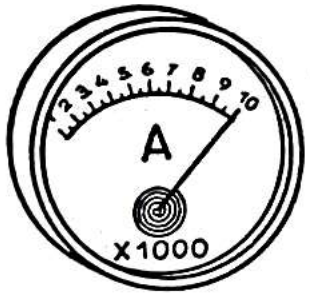
Ima aparata, s kojima se može mjeriti jakost struje. Takovi instrumenti zovu se: a m p e r m e t r i.



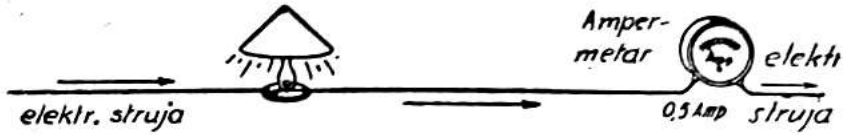
Slika nam pokazuje takav ampermetar, koji pokazuje jakost struje = 0: kroz njega ne teče struja.



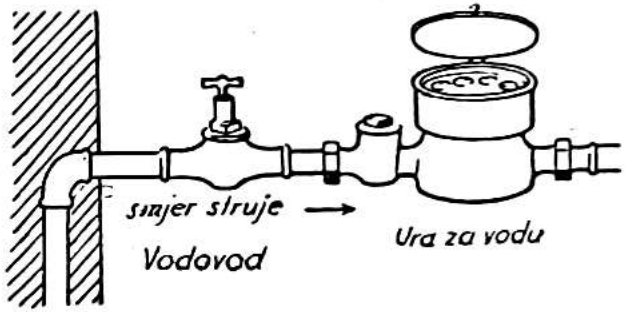
Ovaj ovdje pokazuje potrošak struje od 5 ampera.



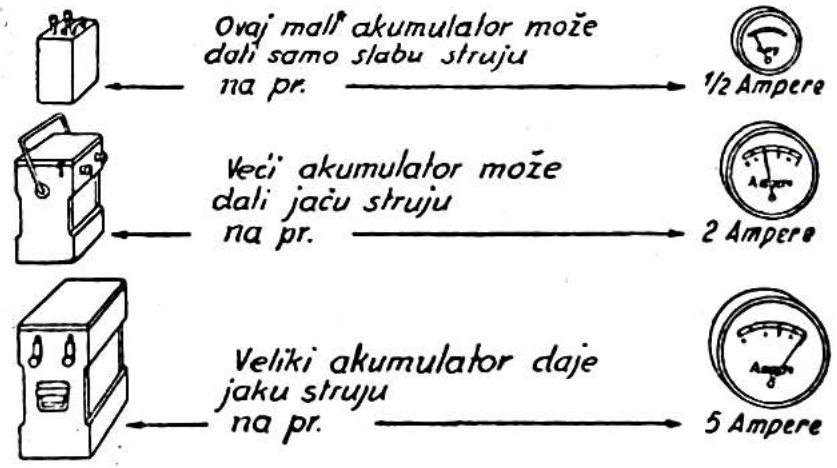
Ovdje je drugi, koji može pokazati dapače potrošak struje do 10.000 ampera. To je tolika jakost struje, koliko troši mali grad na večer za ukupnu rasvjetu.



Ovako moramo ukopčati ampermetar u električni vod, ako želimo izmjeriti koliko struje troši na pr. ova svjetiljka na lijevoj strani . . .

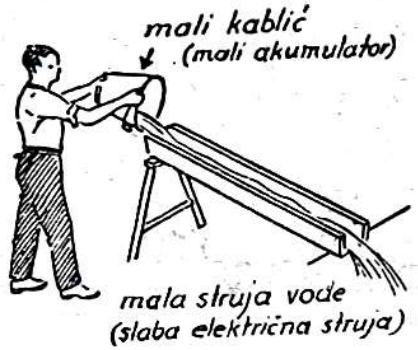


. . . dakle isto tako, kao što je uvrštena u vodovodne cijevi ura za mjerenje potroška vode. Takova ura za mjerenje potroška vode nalazi se u gradu u podrumu svake kuće.



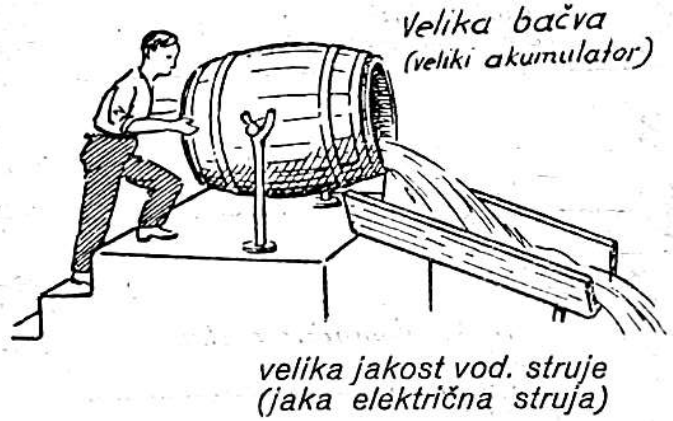
Jedan od različitih izvora električne struje je a k u m u l a t o r. Iz malenoga akumulatora

ne možemo dobiti tako jaku struju kao iz velikoga, kako nam je to prikazano na ovim slikama.



Evo opet usporedbe:

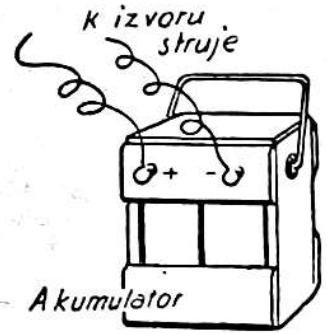
Jakost vodene struje, koju dobivamo iz maloga vodom napunjenoga kablića vrlo je malena . . .



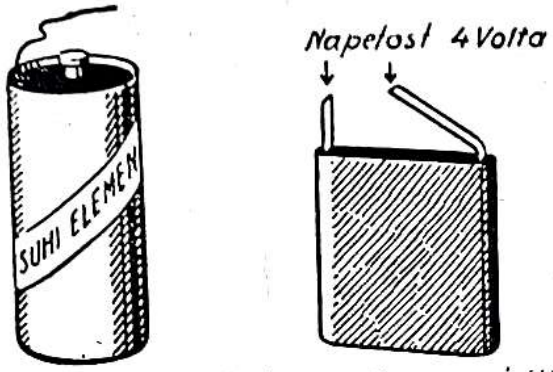
. . . dok je mnogo jača, ako ispraznimo veliku bačvu punu s vodom.

Akumulator, o kojem ćemo kasnije još opširnije govoriti, izvor je električne struje, ali on ne stvara struju. U njemu možemo samo sakupiti električnu energiju, koju možemo kad god hoćemo opet pretvoriti u električnu struju.

Kablić, koji smo napunili s vodom, koju možemo kasnije upotrijebiti . . .



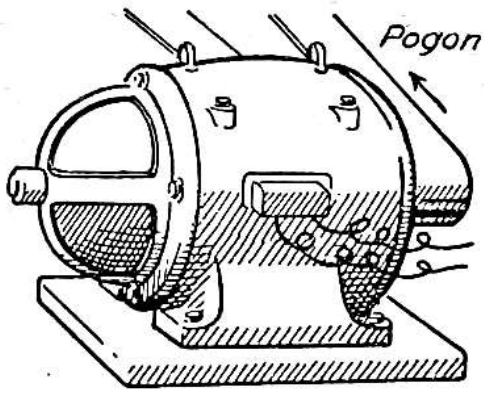
. . . isto kako punimo akumulator s električnom strujom, koju možemo kasnije na bilo koji način i kad hoćemo opet upotrijebiti.



Baterija za džepnu svjetiljku

Električnu struju stvaraju na pr. »elementi«, koje upotrebljavamo kod električnoga zvonca ili oni elementi, koje trošimo kod džepnih svjetiljaka.

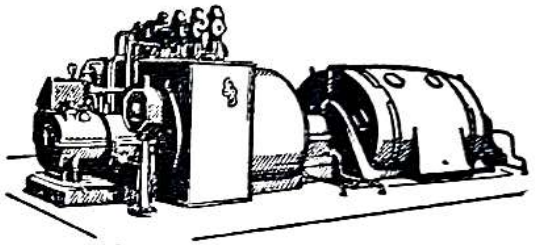
O tim elementima govorit ćemo kasnije još opširnije, isto kao i o dinamostrojevima, koji su danas glavni izvor električne struje.



Elementi mogu nam dati samo slabe struje, a dinamostrojevi (koji se također nazivaju ge-

neratori) daju nam vrlo jake struje, mnogo hiljada ampera.

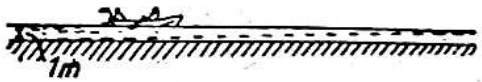
U električnim centralama često stoji nekoliko takovih generatora, jedan kraj drugoga, a tjera ih: para, plin, nafta ili voda.



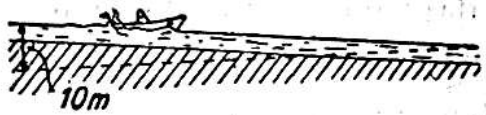
Ovdje je naslikan jedan takav dinamostroj, kojega tjera parna turbina.

B. Napetost

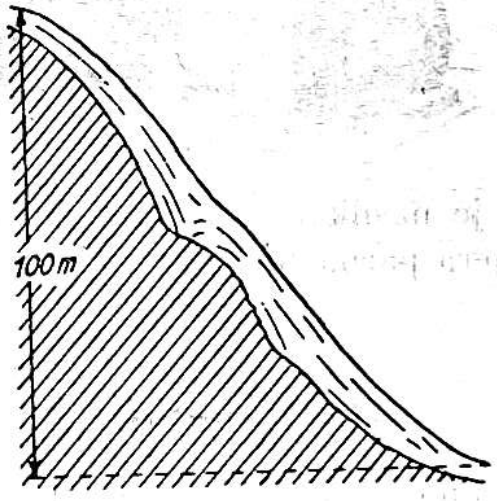
Ako želimo potpuno upoznati prilike kod vodene struje, ne smijemo se samo obazirati na vodenu struju, t. j. na činjenicu, da li protječe kroz korito rijeke u određenom momentu velika ili mala množina vode, nego treba da uzmemo u obzir i pad dna u koritu.



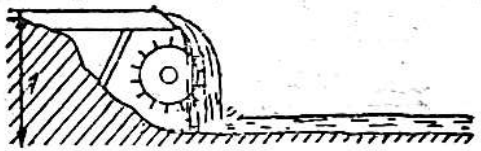
Ovdje je pad malen: na 100 metara daljine, razlika je u visini 1 metar.



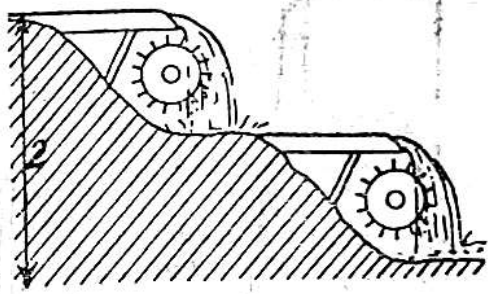
Ovdje je pad već veći: na daljinu od 100 metara, razlika je u visini 10 metara.



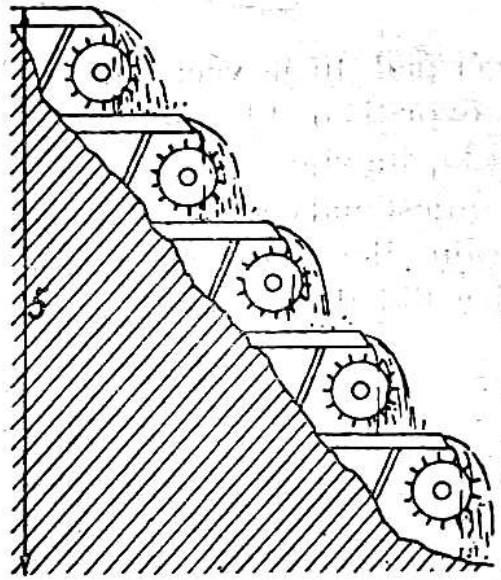
Ovo ovdje je vrlo veliki pad: na daljinu od 100 metara razlika je u visini 100 metara.



Ako je pad malen, voda može tjerati samo j e d a n mlin. Veličina pada neka je = 1.

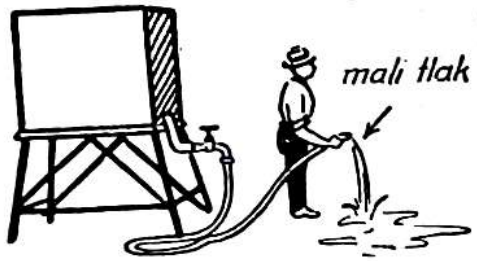


Ako je pad 2 puta tako velik kao u prvom slučaju, a vodena struja jednako jaka, možemo tjerati d v a mlina. Veličina pada neka je = 2.



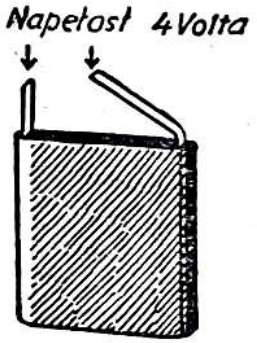
Ako je pad 5 puta tako velik, kao u prvom slučaju, a jakost vodene struje se nije promijenila, može tjerati pet mlinova. Kažemo, da je veličina pada = 5.

Što je veći pad, to je veći tlak vode, pa zato možemo govoriti o t l a k u vode mjesto o p a d u dna korita rijeke. Ako se nalazi posuda, u kojoj je smještena voda visoko nad zemljom, to će na kraju cijevi, koja je spojena s tom posudom biti veliki tlak vode . . .

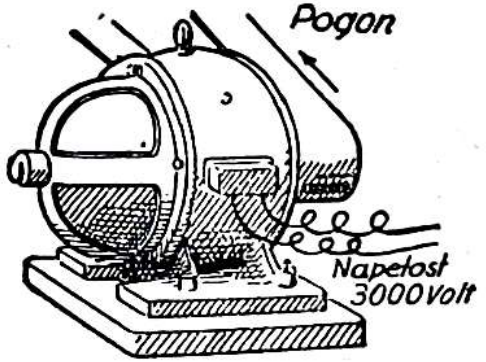


. . . naprotiv će biti mali tlak vode, ako je posuda smještena nisko nad površinom zemlje, t. j. ako je pad malen.

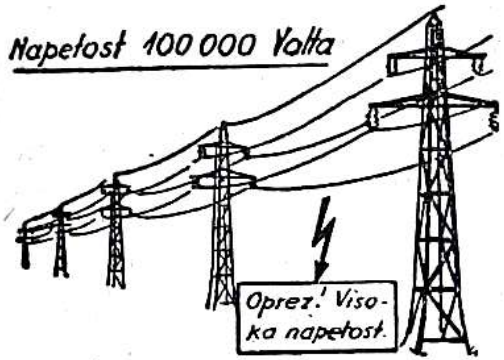
Kod električne struje prilike su opet sasvim slične. Malo prije smo spomenuli, da se jakost struje mjeri s amperima, a električni pad, električni tlak ili kratko električna napetost mjeri se s voltima.



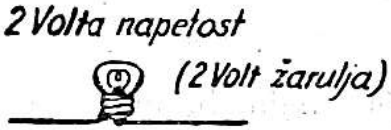
Tako na pr. mala baterija za džepnu svjetiljku proizvodi struju s napetosti = 4,5 volta.



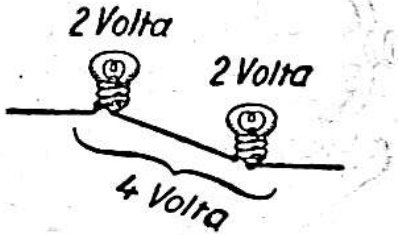
Dinamostroj može proizvesti struju s napetosti od nekoliko 1000 volta.



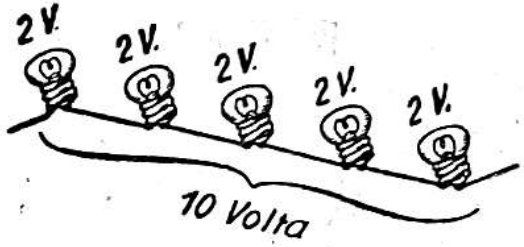
T. zv. vodovi visoke napetosti vode često struju, koja ima napetost od nekoliko 100.000 volta.



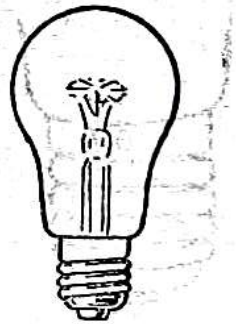
Ovdje imamo mali električni pad, malu napetost od 2 volta. S ovom malom električnom napetosti, koju ima struja, koja teče kroz kratku i tanku žicu male žarulje za džepnu svjetiljku, možemo tu nit užariti.



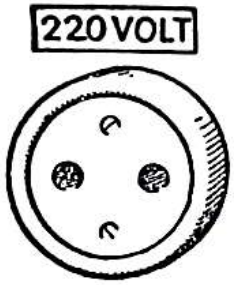
Ovdje imamo napetost od 4 volta, pa možemo s njom užariti nit u dvije takove žarulje za 2 volta.



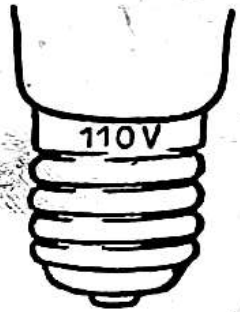
Ovdje imamo dapače 5 ovakovih malih žarulja, koje su građene za 2 volta, pa one svijetle. To je moguće samo zato, jer smo upotrijebili napetost od 10 volta.



Velike električne žarulje, koje upotrebljavamo za rasvjetu u kući ili na ulici, građene su za priključak na struju koja ima pad, električni tlak ili napetost od 110 ili 220 volta. Električne centrale se staraju, da u rasvjetnoj mreži bude uvijek ista napetost od 110 ili 220 volta.

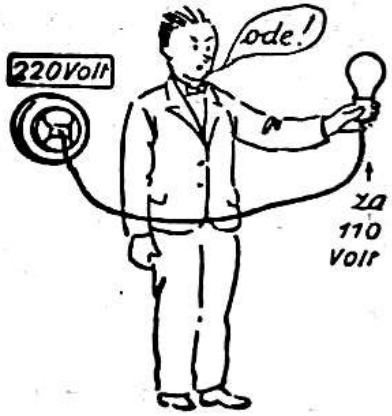


Vjerojatno je, da će po malo sve centrale preći na napetost od 220 volta.



Kod električne žarulje označeno je uvijek ili na staklu ili na podnožju, za koju je napetost žarulja građena. Na pr. ova ovdje naslikana građena je za 110 volta. Ona svijetli normalno, ako je priključena na napetost od 110 volta.

Ako priključimo žarulju, koja je građena za 110 volta na električnu rasvjetnu mrežu, koja ima napetost od 220 volta, ona će vrlo kratko vrijeme svijetliti vanredno intenzivno . . .

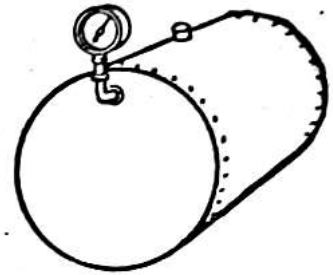


. . . ali nakon toga ona će za uvijek ugasnuti ili će se dapače uz prasak staklo raspuknuti.

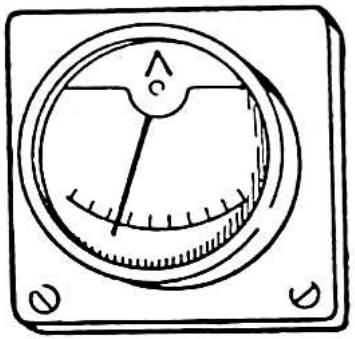
Evo usporedbu: ako čistimo staklenu čašu, treba upotrijebiti kod brisanja neki određeni tlak.

Ako je tlak prejak, staklena čaša će se razbiti.

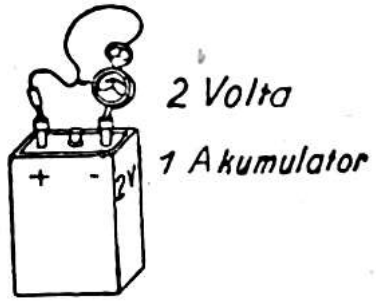
U tom slučaju bio je dakle mehanički tlak prevelik. Prenesimo to opet na nauku o elektricitetu. Tlak = napetost. Staklo se razbije = nit u žarulji je izgorjela.



Tlak pare u parnom kotlu mjerimo s aparatom, koji se zove manometar i on nam pokazuje, da li je tlak 5, 10 ili 20 atmosfera.

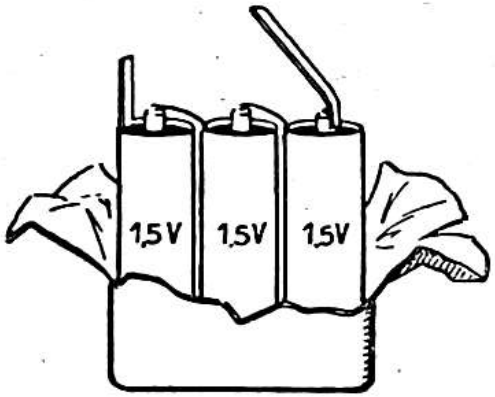


Tlak ili napetost električne struje mjeri se s voltmetrom (jedinica za napetost = 1 volt).



Već smo prije govorili o tome, da je akumulator izvor električne struje. Napetost te struje, koju nam daje akumulator iznosi 2 volta.

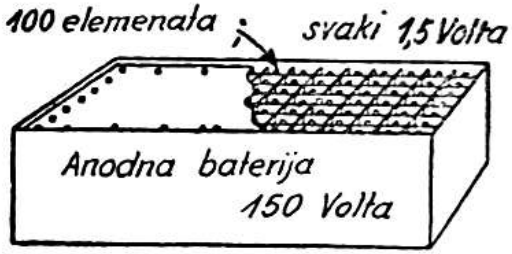
Dva ovakova akumulatorska članka spojena zajedno na zgodan način, daju nam napetost od 2 + 2 = 4 volta.



Malena suha baterija za džepnu svjetiljku složena je obično od 3 elementa, od kojih svaki ima napetost = 1,5 volta. Prema tome pokazuje cijela baterija, dok je svježa i neistrošena napetost = 4,5 volta.

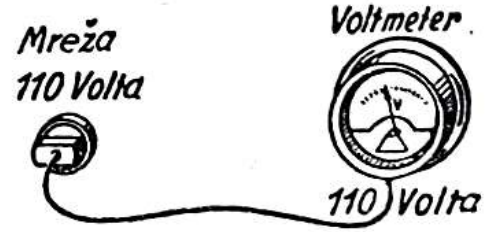
Kod radio prijemnih aparata upotrebljavaju se t. zv. anodne baterije. One su sastavljene iz veliki množine takovih malih suhih elemenata,

kakovi se upotrebljavaju u baterijama za džepne svjetiljke, pa zbog toga imaju veliku napetost.



Ako spojimo u red 100 ovakovih malih elemenata, od kojih svaki ima napetost od 1,5 volta, dobit ćemo ukupnu napetost baterije = 150 volta.

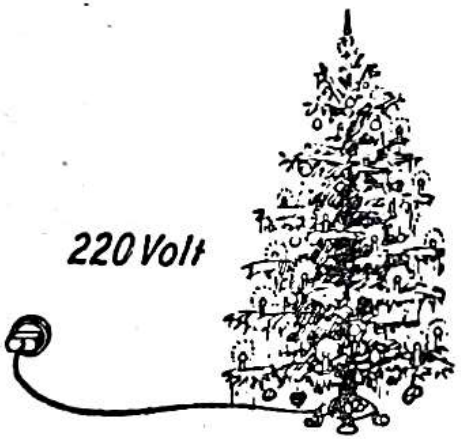
Struju, koja teče u našoj rasvjetnoj mreži, ne dobivamo iz baterije, nego — kako smo to već spomenuli — iz dinamostroja, koji radi sa 110 volta ili 220 volta napetosti. U specijalnim slučajevima, mogu ti strojevi davati i 1000 dapače i 4000 volta.



Na rasvjetnu mrežu, koja ima napetost od 110 volta, možemo priključiti jednu žarulju, koja je građena za 110 volta, ali ako hoćemo možemo također . . .

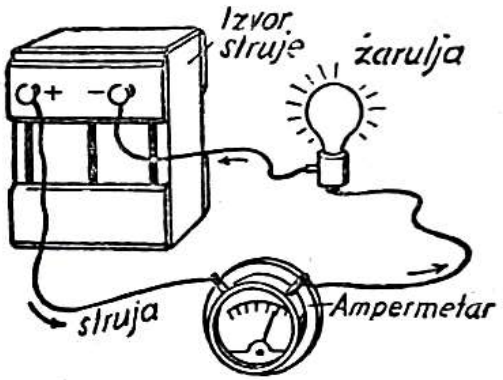
. . . priključiti 11 električnih sviječica za božično drvce, od kojih je svaka građena za priključak na mrežu od 10 volta, ako ih spojimo u red.

Na mrežu od 220 volta možemo priključiti jednu žarulju za 220 volta, . . .

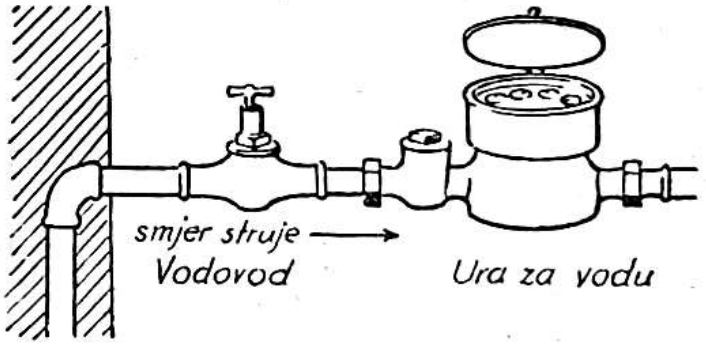


. . . ali također možemo na takovu mrežu priključiti i 22 električne sviječice za božično drvce, od kojih je svaka građena za 10 volta, ako ih spojimo u red.

Sigurno ste već opazili, da je aparat za mjerenje jakosti struje, ampermetar, drugačije priključen na mrežu, nego aparat za mjerenje napetosti struje, voltmetar.

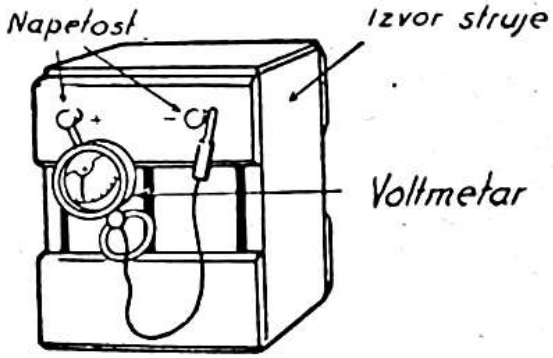


Ampermetar ukopčan je u isti krug struje, kao i onaj aparat, koji troši struju (na pr. žarulja, gladilo itd.), a koji potrošak upravo želimo izmjeriti . . .

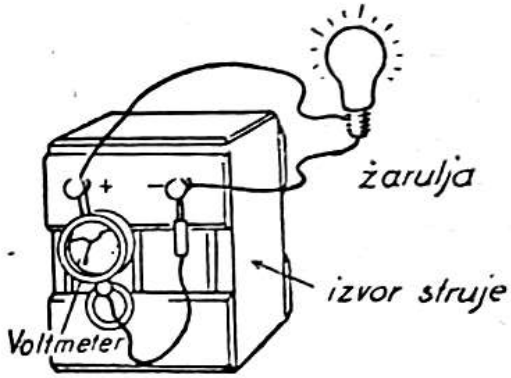


. . . isto tako, kao što je i ura za mjerenje potroška vode uvrštena direktno u vodovodne cijevi, jer je samo tako moguće izmjeriti potrošenu vodu, koja protječe kroz cijevi.

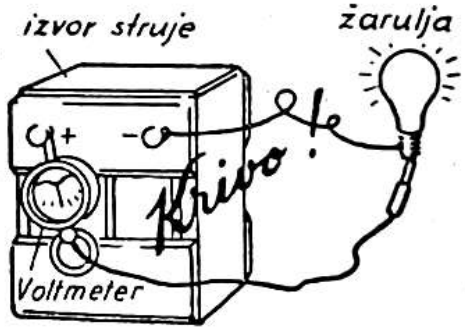
Kad bismo željeli izmjeriti tlak vode u vodovodnim cijevima, moramo upotrijebiti za tu svrhu posebno konstruirane aparate, t. zv. manometre i pričvrstiti ih na vodovodnu pipu. Kraj toga mjerena ne troši se ništa vode.



Kod mjerenja električnoga tlaka ili napetosti postupamo sasvim slično. Električni tlak, napetost izvora električne struje mjerimo tako, da između voltmetra i izvora struje ne uvrstimo drugi kakav aparat, nego voltmetar direktno spojimo na polove izvora.



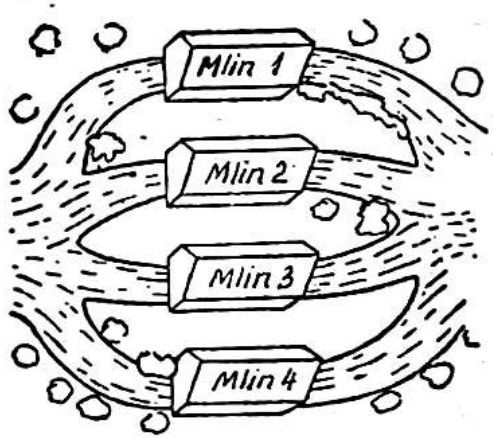
Ako je na izvor struje priključen već kakav aparat, koji troši struju, mjeri se napetost izvora struje tako, da se opet voltmetar spoji direktno s polovima izvora . . .



. . . a ne možda, kako je na slici prikazano, jer bi u tom slučaju dobili sasvim krivi podatak. Jedan dio napetosti uništi aparat, koji troši struju. U tom slučaju pokazivao bi nam voltmetar onu napetost, koju nije uništio aparat.

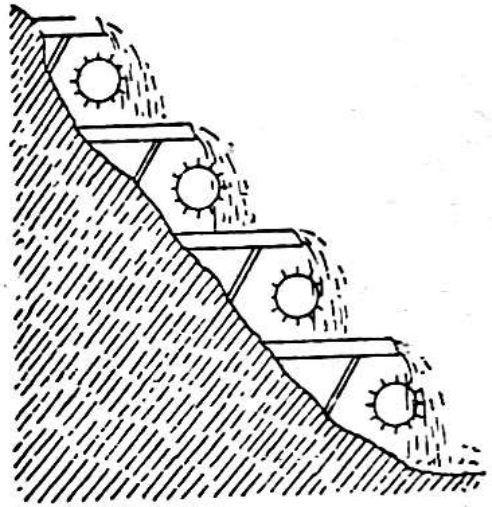
C. Jakost struje i napetost

Struja nastaje u aparatu, koji je priključen na izvor struje zbog toga, jer vlada među polovima izvora napetost. Ove dvije električne veličine javljaju se dakle uvijek zajedno. U jednom slučaju može biti jakost struje velika, a napetost malena, a u drugom opet jakost struje malena, a napetost velika. Može se dogoditi, da će jakost struje i napetost biti malena ili mogu biti obje u isto vrijeme velike. Da možemo točno upoznati te prilike spomenut ćemo još nekoliko usporedba.

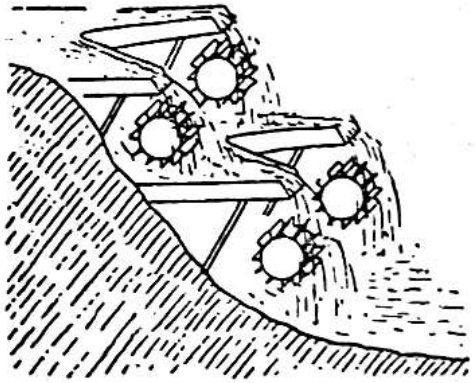


Prije smo čuli, da se s nekom određenom množinom struje vode može staviti u pogon jedan mlin, s dvostrukom množinom dva mlina, a s četverostrukom množinom četiri mlina. Velika rijeka može tjerati 4 mlina, premda je pad korita kod nje malen.

Nadalje smo čuli, da s velikim padom možemo također tjerati više mlinova. Ako je pad samo polovica, možemo tjerati samo polovicu toliko mlinova, ako teče ista množina vode. Jakost vodene struje može biti malena, ali pad = napetost je zato velika.

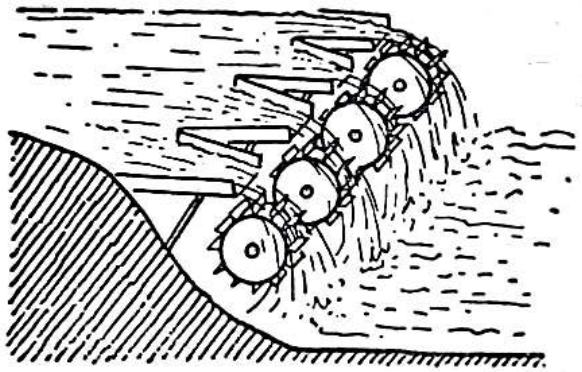


Ovdje na slici je jakost struje = 1, napetost = 4 produkt $1 \times 4 = 4$.



Ova 4 mlina možemo osim toga tjerati i na ovaj način: Upotrijebimo dvostruku jakost vo-

dene struje, a pad neka bude polovica. Djelovanje bit će isto, kao i u prijašnjem primjeru. Jasno je da pretpostavljamo, da su mlinovi jednaki. Ovdje je jakost struje dvostruka dakle = 2, a napetost samo polovica, dakle = 2. Produkt je opet $2 \times 2 = 4$.



Ovdje opet velika rijeka s malim padom tjera 4 mlina. Jakost vodene struje = 4, a napetost je = 1. Produkt je opet $4 \times 1 = 4$.

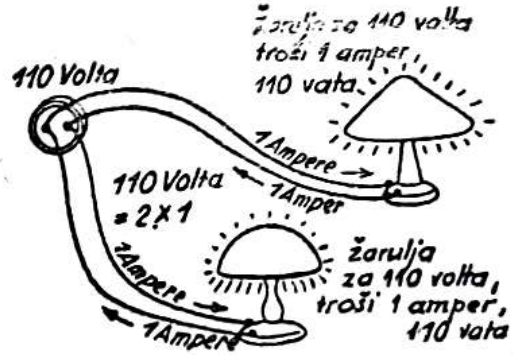
U svim ovim slučajevima je snaga ista, uvijek je jednaka 4.

Kod električne struje zove se produkt

jakost struje × napetost = snaga struje

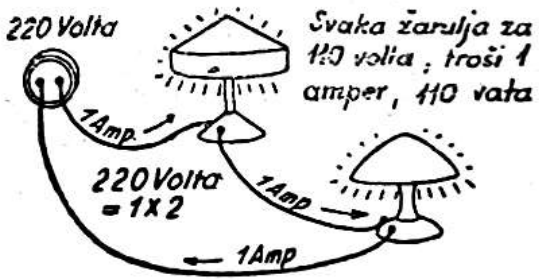
amperi × volti = vati.

Jedinica za snagu struje zove se vat.



Ovdje imamo rasvjetnu mrežu s napetosti od 110 volta, a priključili smo dvije žarulje jednake jakosti. Svaka troši struju jaku jedan amper. Ukupni je dakle potrošak struje 2 ampera. Produkt jakosti struje i napetosti je

$2 \times 110 = 220.$



Ovdje smo spojili dvije žarulje jednake jakosti, koje su građene za 110 volta u red na mrežu od 220 volta. Kroz žarulje teče struja 1 amper. Produkt jakost struje i napetosti je

$1 \times 220 = 220.$

Navest ćemo još nekoliko primjera za ovu pojavu. Ovdje pada mali žir iz male visine na nos čovjeka, koji spava. To znači: mali žir (slaba struja) = 1. Mala visina iz koje žir pada (mala napetost) = 1.

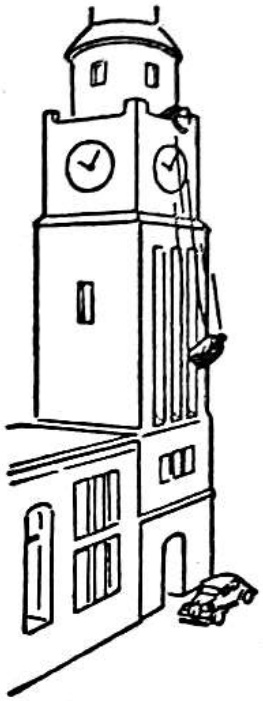
Malo djelovanje = mala snaga = $1 \times 1 = 1$.

Ako padne velika vreća s brašnom iz male visine na čovjeka, on će se srušiti pod tim teretom.

Velika vreća = jaka struja = 5

mala visina = mala napetost = 1

srednje djelovanje = srednja snaga = $5 \times 1 = 5$.



Ovdje pada velika vreća iz velike visine (s tornja) na auto. Ona će probiti krov i načiniti veliku štetu.

Velika vreća = jaka struja = 5

velika visina = velika napetost = 100

veliko djelovanje = velika snaga = $5 \times 100 = 500$.

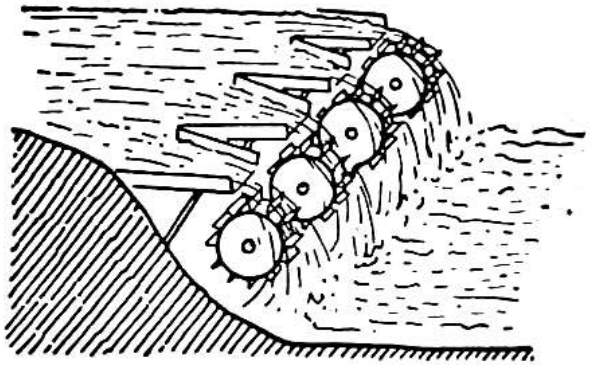
Kako vidimo djelovanje je najveće, ako je velika jakost struje i velika napetost. Treba još da se sjetimo na snježne lavine, kod kojih je pad velik (velika napetost), a osim toga je i velika množina snijega (velika struja).

velika množina snijega = vrlo velika struja

velika visina = vrlo velika napetost.

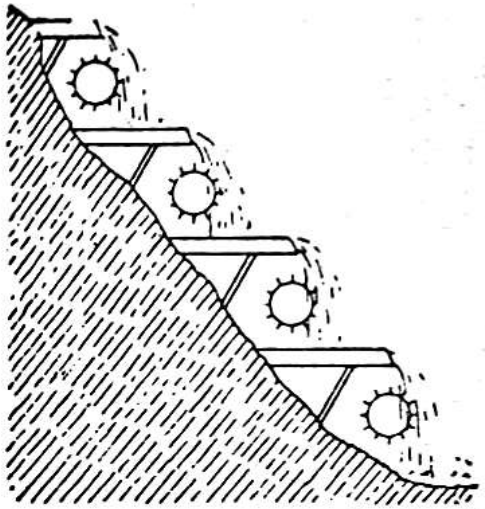
Ogromno djelovanje: lavina nosi sa sobom cijelu kuću, a može uništiti i cijelo selo.

Već smo na nekoliko mjesta spomenuli izraz »spojiti u red«. Treba najme razlikovati kod spajanja izvora struje i aparata, koji troše struju dva načina spajanja: spajanje u red i paralelno spajanje.

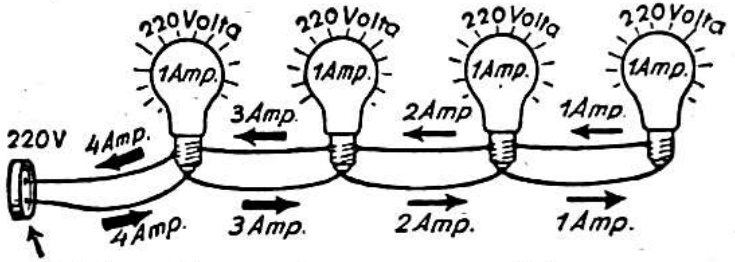


Ako usporedimo s prilikama, koje vladaju kod gibanja vode, moći ćemo lako razumjeti prilike kod električne struje. Ovi su mlinovi spojeni paralelno. Potrošak vode je u tom slučaju velik. Struja = 4, pad = 1.

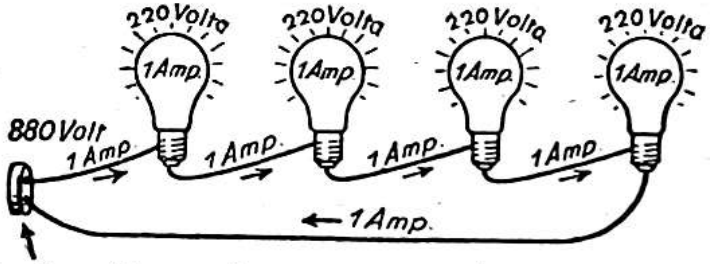
Snaga je $4 \times 1 = 4$.



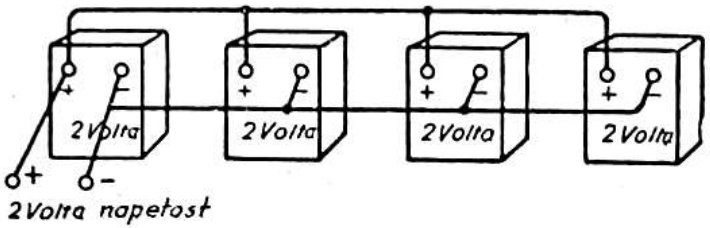
Ovi su mlinovi spojeni u red. Ovdje je pad velik. Struja = 1, pad = 4, a snaga = $1 \times 4 = 4$.



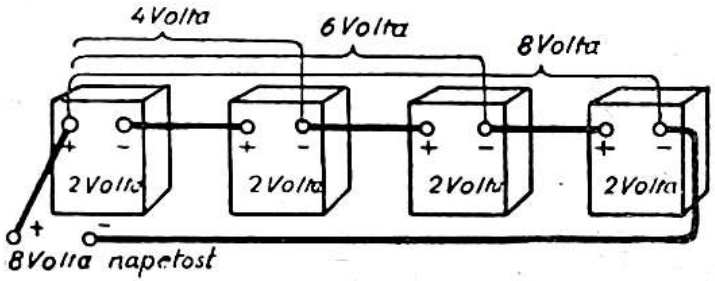
Četiri žarulje spojene su paralelno na mrežu s napetosti od 220 volta.



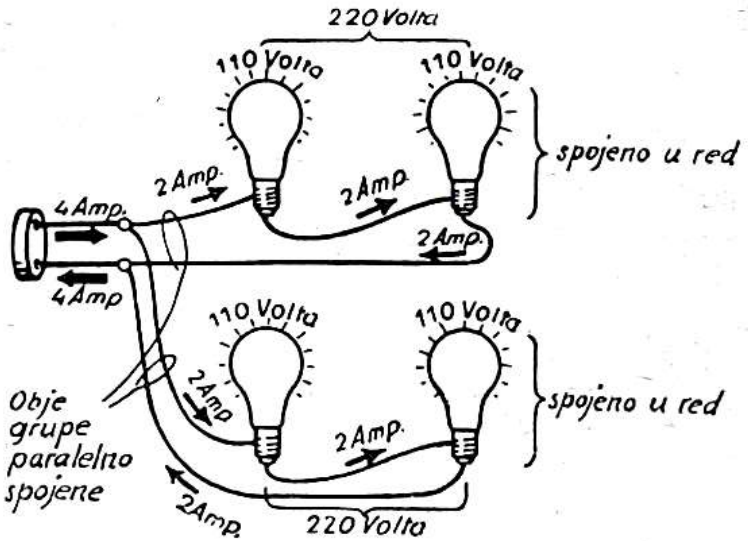
Iste žarulje spojene su u red na mrežu od 880 volta.



Četiri akumulatorska članka spojena paralelno.



Četiri akumulatorska članka spojena u red.

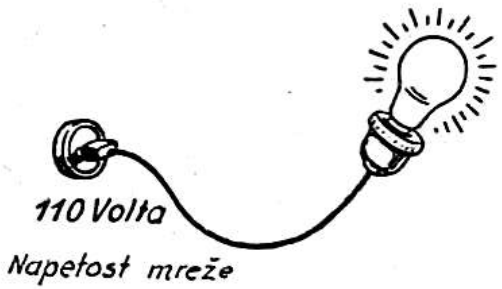


Možemo u isto doba upotrijebiti i oba načina spajanja, kako nam pokazuje ova slika.

D. Vat, kilovat, kilovatsat

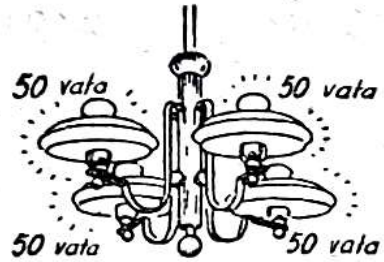
Čuli smo, da možemo dobiti istu snagu, ako povisujemo napetost, a snizujemo jakost struje ili obratno. Nadalje smo naučili, da produkt jakosti struje mjerene u amperima i napetosti mjerene u voltima određuje snagu mjerenu u vatima.

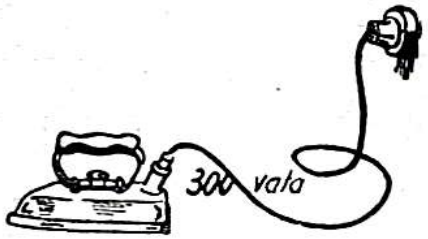
Evo ovdje je električna žarulja, koja troši 50 vata, a građena je za napetost od 110 volta.



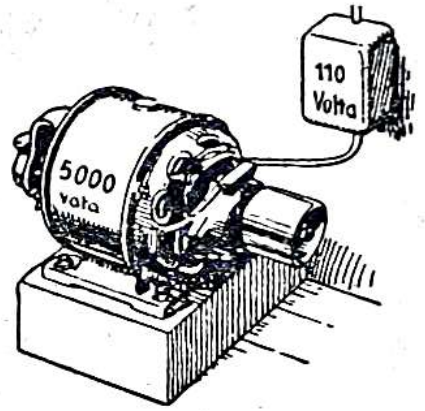
Priključit ćemo tu žarulju na mrežu, kojoj je napetost 110 volta. Koliko struje ona troši?

Amperi × volti = vati. Podijelimo li dakle broj potrošenih vata s voltima, dobit ćemo potrošak u amperima. 50 : 110 = 0,46 ampera. To je po prilici ½ ampera.



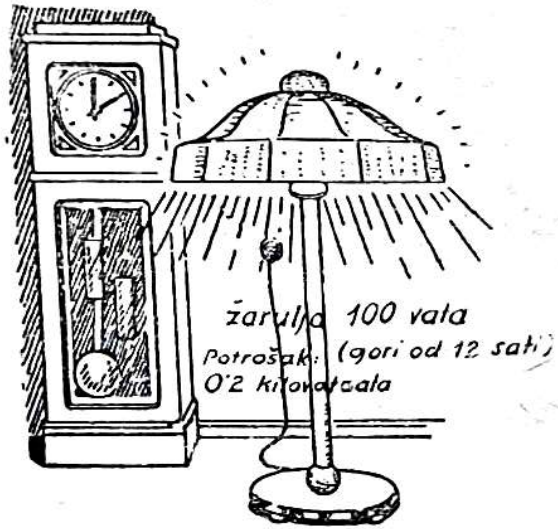


U nekome stanu gore na večer u velikom lusteru četiri žarulje, svaka po 50 vata, jedna žarulja od 100 vata u stolnoj svetiljki, a osim toga je priključeno gladilo s potroškom od 300 vata. Ukupni je potrošak dakle 600 vata. Ako je napetost rasvjetne mreže 220 volta, možemo izračunati, kako smo malo prije naučili, da je ukupni potrošak struje 2,8 ampera.

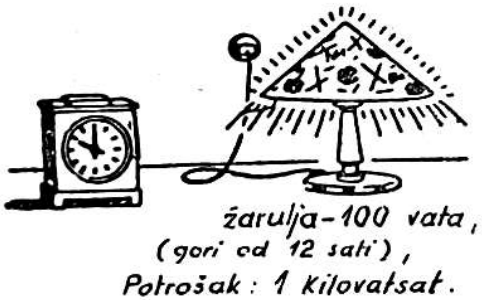


Ovdje je jaki motor, koji troši 5000 vata. Ne ćemo računati, koliko ampera troši, nego želimo upozoriti, da možemo kazati, da on troši 5 kilovata mjesto 5000 vata. 1000 vata nazivamo jedan k i l o v a t, isto tako kao što 1000 grama nazivamo k i l o g r a m ili 1000 m jedan k i l o m e t a r.

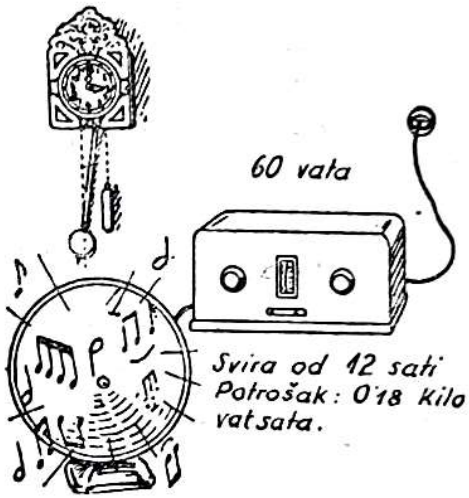
Znamo, da trošimo više struje, ako gori više svjetiljka. Sam potrošak struje nije odlučan, nego treba uzeti još i vrijeme, kroz koje žarulje gore.



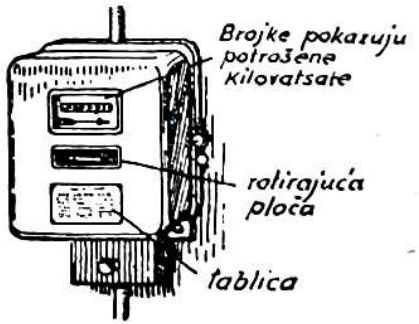
Ova svjetiljka gorila je 2 sata trošeći kraj toga 100 vata električne energije. Kažemo, da je potrošak 200 vatsati ili 0,2 kilovatsata. Ako je cijena struje 4 dinara po kilovatsatu treba platiti: $0{,}2 \times 4 = 0{,}8$ dinara t. j. 80 para.



Žarulja s potroškom od 100 vata gorila je 10 sati. Potrošili smo 1000 vata električne energije = jedan kilovat. U ovom slučaju treba da platimo električnoj centrali 4 dinara.

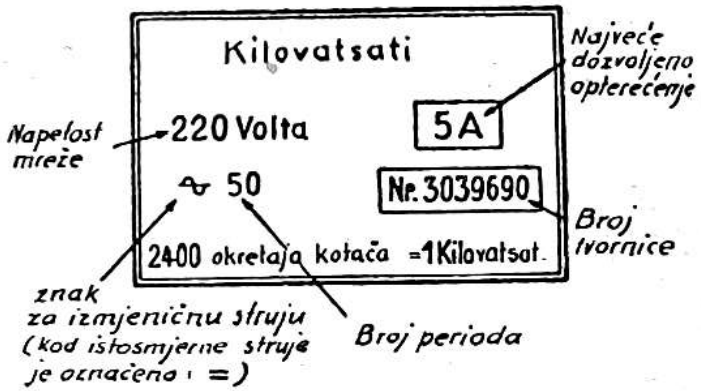


Radioprijemni aparat priključen je na rasvjetnu mrežu. Na pločici na stražnoj strani aparata redovno je napisan potrošak struje, na pr. 60 vata. Slušali smo program radiostanice 3 sata i prema tome potrošili 180 vata. Cijena struje je 4 dinara po kilovatsatu, prema tome stoji nas to slušanje $0{,}18 \times 4 = 0{,}72$ dinara.



Električna centrala postavlja u prostorijama svakoga potrošača brojilo, koje bilježi potro-

šene kilovatsate. Zanimivo je pobliže promotriti to brojilo, jer na njemu nalazimo različite podatke.

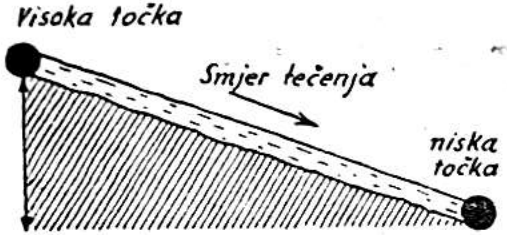


Najprije opažamo na brojilu malu pločicu. Na njoj je napisano kakovu nam vrst struje daje električna centrala (izmjenična ~ ili istosmjerna struja ⎓). O tim pojmovima govorit ćemo kasnije na strani 71. Dalje nam pokazuje ta pločica, kolika je napetost struje u mreži, i koliko struje smijemo najviše u našim prostorijama trošiti.

Osim toga napisano je na toj pločici na pr. da 2400 okretaja kotača, koji vidimo kroz mali prozor, odgovara potrošku električne energije od 1 kilovatsata. Brojilo, koje je namješteno u

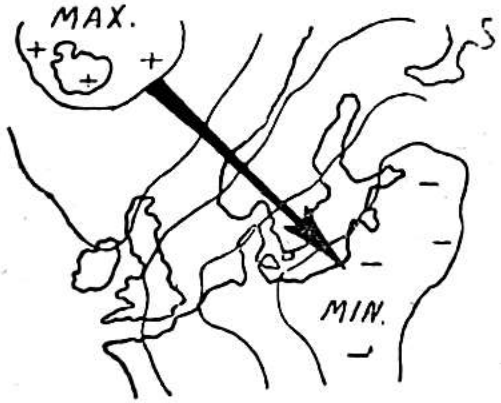
stanu našega prijatelja, pokazuje možda potrošak od 1 kilovatsata, ako se taj kotač okrene 3000 ili 2600 puta.

Kad trošimo struju taj se kotač okreće, pa možemo kontrolirati prema broju okretaja na minutu, koliko struje trošimo, ako je negdje u stanu priključen kakav aparat, na kojem ne piše koliko struje troši. Jasno je, da u tom slučaju ne smije biti na mrežu ništa drugo priključeno nego taj aparat. Uzet ćemo uru i brojiti koliko okretaja kotač izvede za jednu minutu. Ustanovili smo, da se je kotač na pr. okrenuo za jednu minutu 10 puta. Kroz 60 minuta bilo bi to dakle 600 puta. Kod našega brojila, kako smo prije kazali, odgovara 1 kilovatsatu 2400 okretaja. Mi smo dakle potrošili u našem aparatu ¼ kilovatsata. Ako kilovatsat stoji 4 dinara, stoji nas pogon toga aparata svaki sat 1 dinar.

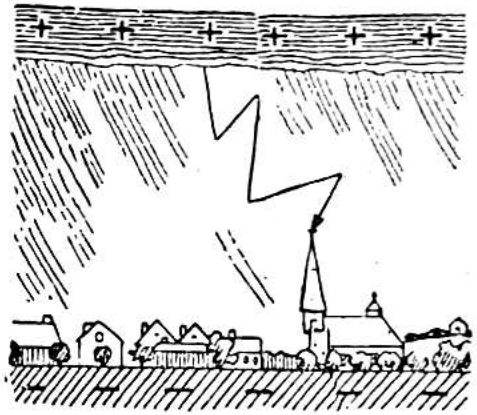


Ako usporedimo električnu struju s vodom dobit ćemo predodžbu o tečenju struje.

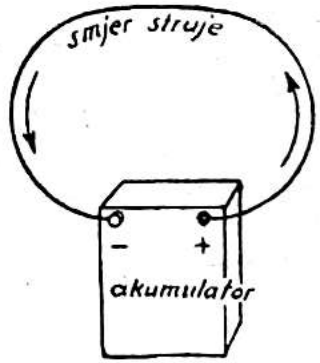
Vodena struja teče s višeg mjesta prema nižemu. Voda teče, ako postoji razlika u visini između dvije točke. Kod električne struje govorimo mjesto o razlici visina o »razlici potencijala«. Ta se razlika potencijala, koja vlada između dvije točke izjednačuje i električna struja teče od točke s većim potencijalom prema mjestu s manjim potencijalom.



Još jedna usporedba: Na meteorološkoj karti su naznačena mjesta visokoga i niskoga tlaka zraka. Visoki tlak = plus, niski tlak = minus. Tlak se izjednačuje u smjeru strijelice i zrak se giblje u tom smjeru.



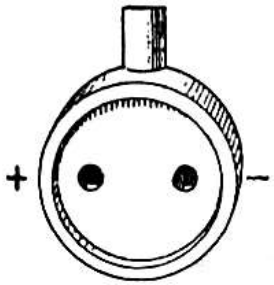
Kod oluje nastaje razlika potencijala između oblaka i površine zemlje, pa se električna energija izjednačuje od većega potencijala (oblak) prema manjemu (zemlja).



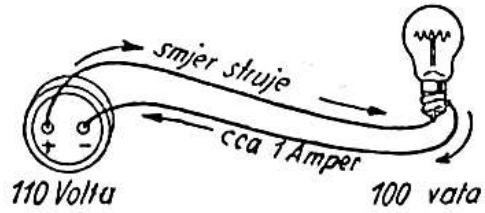
Kod električnog akumulatora teče struja od pozitivnog pola prema negativnom. Smjer struje označen je sa strijelicom.

Ovom prilikom moramo u kratko spomenuti, da današnja nauka uzima upravo protivni smjer strujanja, t. j. od negativnog pola prema

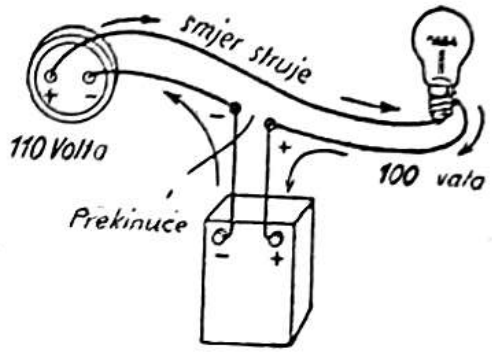
pozitivnom. Budući da je sa starijim načinom izražaja moguće laglje i jednostavnije protumačiti mnoge pojave, a osim toga ništa se ne mijenja na temeljnim osnovama, držimo da je zgodnije, da zadržimo kao smjer struje, onaj od pozitivnog pola prema negativnom.



Priključna kutija (kod istosmjerne struje) ima također pozitivni i negativni pol.

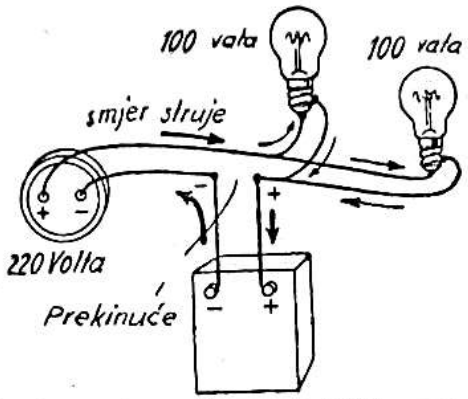


Ako priključimo električnu žarulju na mrežu od 110 volta teče kroz nju struja. Ako žarulja troši 100 vata, teće kroz nju i kroz vodove struja po prilici jaka 1 amper.

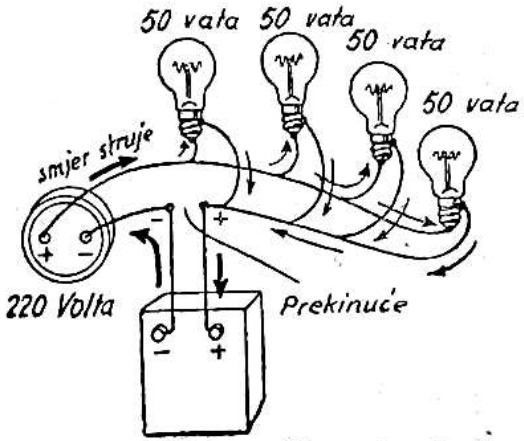


Ovu struju možemo upotrijebiti, na pr. za punjenje akumulatora. U tu svrhu prekinut ćemo vod na jednom mjestu, pa ćemo u krug struje uvrstiti akumulator. Minus pol mreže spojit ćemo s minus polom akumulatora, a isto tako pozitivni pol s pozitivnim.

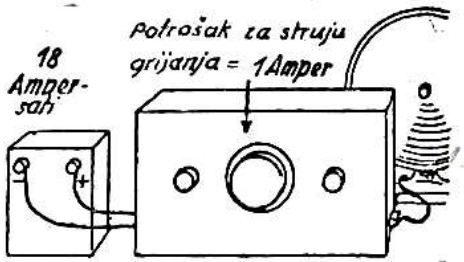
Na svakom akumulatoru nalazi se cedulja, na kojoj su zabilježeni svi podaci, koji su potrebni kod punjenja i izbijanja. Tako na pr. stoji na cedulji: najjača dozvoljena struja nabijanja 1 amp. Treba dakle kod nabijanja iz mreže s napetosti od 110 volta ukopčati u red s akumulatorom žarulju, koja nema veći potrošak od 100 vata. Mi znamo već izračunati, da kod napetosti od 220 volta možemo upotrijebiti najviše žarulju od 200 vata.



Mjesto jedne žarulje od 200 vata, možemo također paralelno spojiti i dvije žarulje po 100 vata . . .



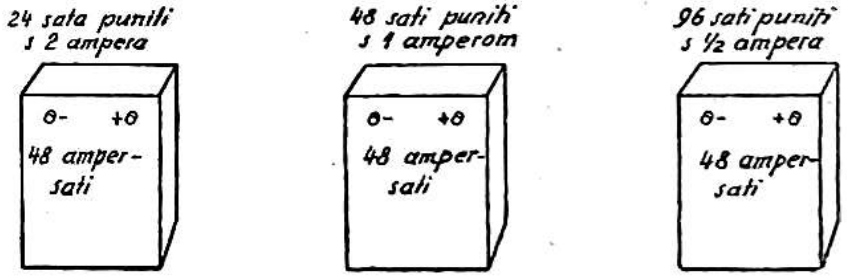
. . . ili četiri žarulje po 50 vata, kako je ovdje na slici prikazano.



Na cedulji nalazimo još jedan podatak. Tamo piše: »18 ampersati« t. j. taj akumulator može

nam kroz 18 sati davati struju jaku 1 amper, kako je to slikovito prikazano na ovoj slici, gdje je na akumulator priključen radio aparat, koji troši upravo jedan amper. Isti akumulator mogao bi kroz 36 sati davati slabiju struju t. j. ½ ampera, ako bi na primjer priključili manji radio aparat s manje cijevi. Ako bi akumulator opteretili samo s ¼ ampera, davao bi nam struju kroz 72 sata.

Sasvim iste prilike kao kod izbijanja akumulatora vrijede i kod nabijanja.

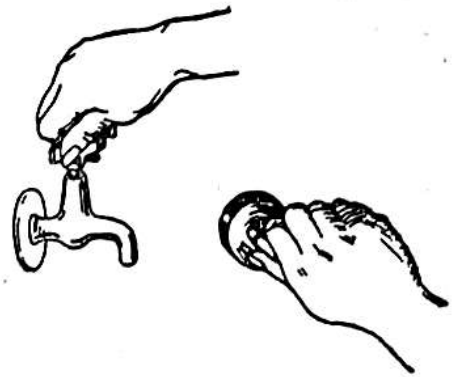


Veću akumulatorsku bateriju (razumjeva se uvijek iste napetosti na pr. 4 volta) treba dulje vremena nabijati, ali zato nam ona daje struju kod izbijanja također kroz dulje vrijeme.

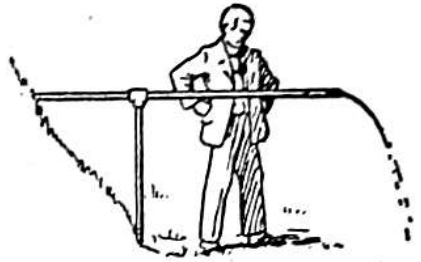
E. Otpor

Kod tumačenja pojma električnog otpora poslužit ćemo se opet usporedbom s prilikama kod vode.

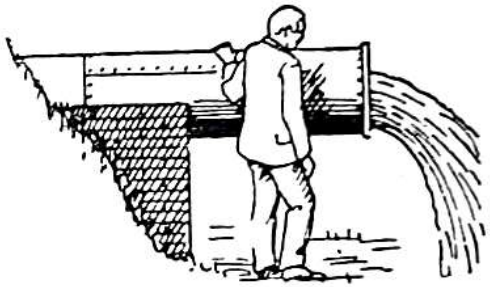
Ovdje teče na kraju kaučukove cijevi manje vode, jer je otpor u cijevi postao veći, budući da je onaj čovjek stao na cijev.



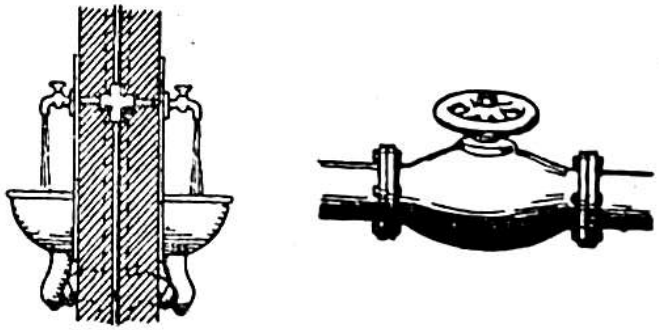
Ako je otpor vrlo velik ne može voda uopće više curiti. Ono što je kod vodovoda pipa, to je kod električne struje rasklopac.



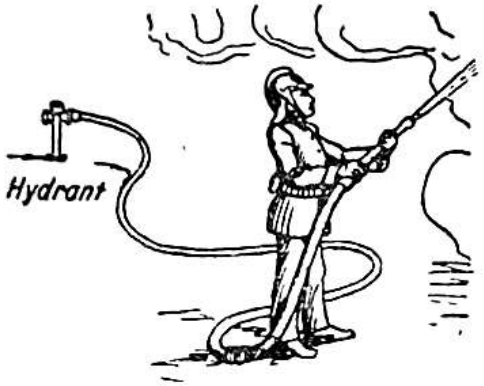
Uske cijevi stavljaju vodi veliki otpor, kroz njih može protjecati samo mala množina vode.



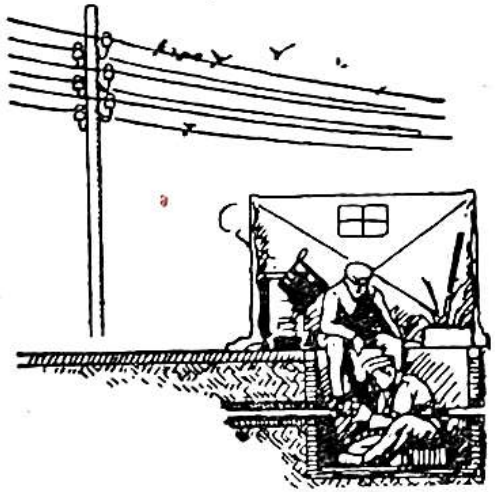
Kroz široku cijev može protjecati velika množina vode, otpor je malen.



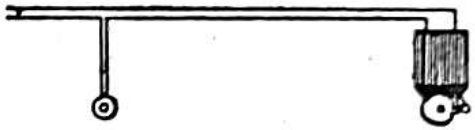
Vodovi za vodu sastavljeni su od cijevi kovnih, gumenih . . .



. . . ili kao ovdje kombiniranih od različitog materijala. Ako trebamo na nekom mjestu mnogo vode, treba odabrati dovoljno veliki prerez vodova.



Vodovi za električnu struju građeni su od kovine u obliku žica postavljenih na stupove, kabela položenih u zemlju itd. Debljina tih vodova zavisi o tome, kako jake struje treba voditi tim vodovima.

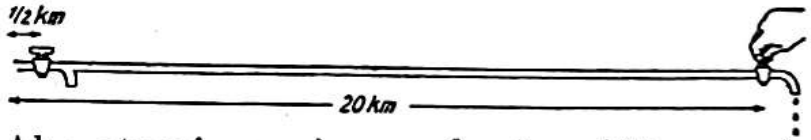


Vod za el. zvonce

Kroz tanku žicu možemo pustiti samo slabu struju, za jače struje njezin je otpor prevelik.

U svakom slučaju gdje treba voditi jake struje, polažu se debeli vodovi: na pr. kabeli.

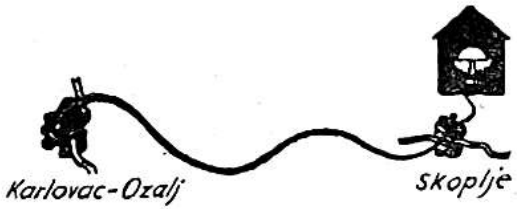
Otpor vodića ovisan je također o njegovoj duljini. Što je vod dulji, otpor mu je veći.



Ako otvorimo pipu na kraju obične vodovodne cijevi, koja bi bila duga 20 km, kapat će iz nje voda.

Ako otvorimo pipu, koja je samo ½ km udaljena od spremišta vode, voda će istjecati dosta velikom snagom.

Žarulja priključena u Karlovcu na mrežu električne centrale u Ozlju gori normalno. Ako bi tu istu tanku žicu produljili do Skoplja, . . .



. . . ona će tek tinjati ili u opće ne ćemo vidjeti, da je priključena na napetost.

Električni otpor mjerimo s jedinicom, koja se zove: Om.

Osim toga treba upamtiti: Bakrena žica vodi dobro struju, a na pr. željezna mnogo lošije. Otpor zavisi dakle i o materijalu, iz kojega je sagrađena žica.

Neke tvari u opće ne vode struju, a zovemo ih izolatorima. Vrlo dobri izolatori su na pr.: porculan, guma, staklo, trolit, pertinax, parafin, smole, šelak, pečatni vosak itd.

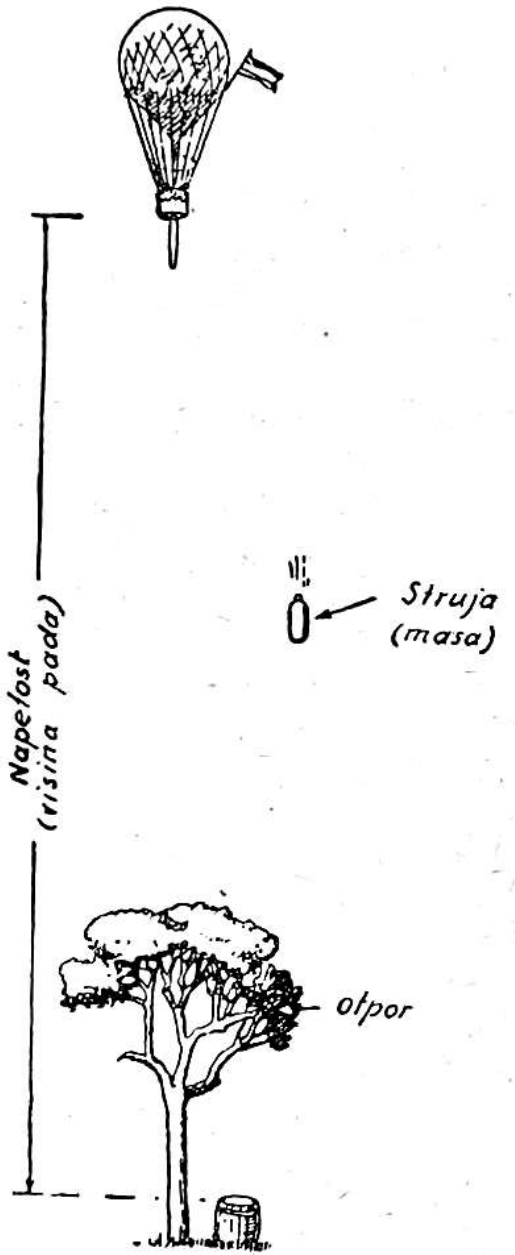
F. Jakost struje, napetost i otpor

Čuli smo u prijašnjem odlomku, da kroz vodič teče slabija struja, ako je otpor vodiča velik.

Ako na otvor obične vodene sisaljke stavimo ruku, povećali smo otpor, koji ne dozvoljava vodi, da istječe iz cijevi, pa će voda samo kapati.

Ova nam slika prikazuje sisaljku za vodu, koja je tjerana s motorom i daje jaku struju vode. Otpor, kojega bi htjeli staviti vodi s rukom, struja vode će vrlo lako svladati. Tlak je dakle vrlo važan faktor kod vodovoda.

Kod električnih uređaja isto je tako važna napetost izvora struje.



Zbog lagljeg razumijevanja ovih odnošaja evo još jedna usporedba:

Što će se dogoditi, ako bacimo iz košare balona vreću balasta. Ima vrlo mnogo mogućnosti, koje zavise o mnogo slučajnosti. Mi ćemo spomenuti samo neke:

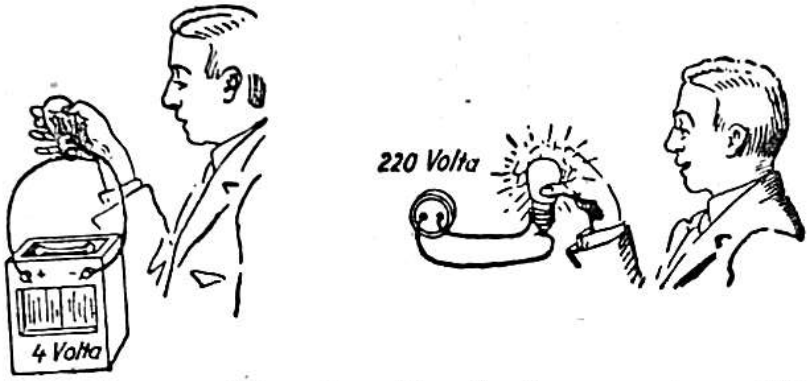
1. Visina, iz koje pada vreća je vrlo velika, pa će ona lako svladati otpor, koji joj stavljaju grane drva i sigurno će probiti dno bačve, koja se nalazi ispod drva.

2. Vreća je vrlo velika, a visina iz koje pada malena. Vreća će opet lako svladati otpor granja i zdrobiti bačvu pod drvom.

3. Otpor granja na drveću je vrlo velik, pa će zaustaviti vreću u padanju, a bačva pod drvom će ostati čitava.

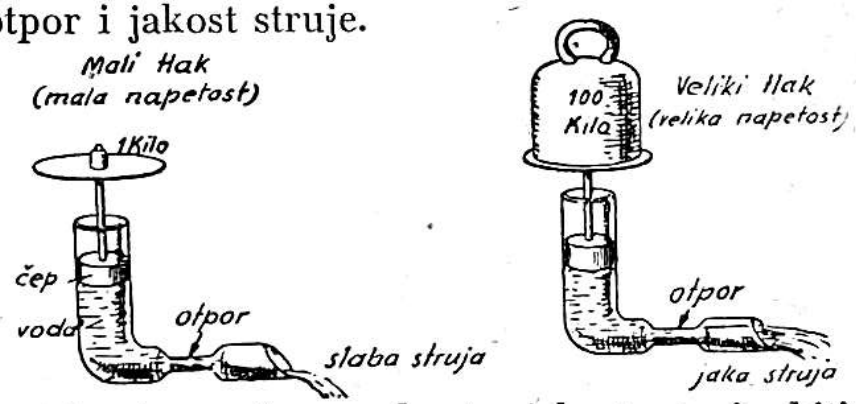
Kakove su prilike kod električne struje?

Na akumulator smo priključili malu žarulju. Kroz nju teče struja. Napetost akumulatora (tlak, visina pada) upravo je tolika, da potjera struju kroz žicu žarulje, koja joj stavlja otpor.

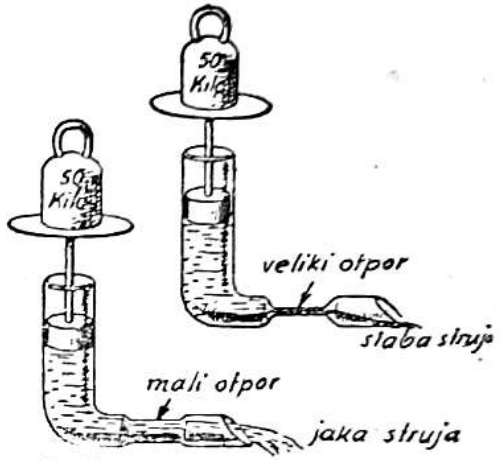


Uzmimo veliku žarulju, koju smo izvadili iz stolne svjetiljke, pa je priključimo na naš akumulator, ona ne će svijetliti. Otpor te žarulje je velik, pa treba upotrijebiti veći tlak, veću napetost, da možemo svladati otpor žice u žarulji. Žarulja priključena na priključnu kutiju rasvjetne mreže gori normalno. Ovdje je tlak velik: 220 volta.

Ova četiri slučaja, koja prikazuju prilike kod vode, sasvim su slični prilikama kod električne struje, ako uzmemo u obzir veličine: napetost, otpor i jakost struje.



Odmah opažamo, da će jakost struje biti veća, ako je tlak veći.



Jakost struje bit će manja, ako je otpor veći.

Sve ove prilike sadržane su u temeljnom zakonu elektrotehnike, u Ohmovom zakonu, koji glasi:

Jakost struje = napetosti podijeljenoj s otporom. $A = \frac{V}{\Omega}$

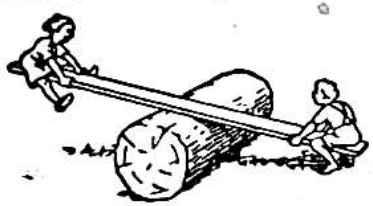
G. Istosmjerna i izmjenična struja

Do sada uspoređivali smo uvijek prilike kod električne struje sa strujom vode, pa bi nas to lako zavelo na misao, da električna struja uvijek teče istim smjerom, kako je to gotovo uvijek slučaj kod vode. Dunav teče uvijek prema Crnome moru i nikada se ne će dogoditi, da bi se voda u Dunavu počela gibati iz Crnoga mora prema Beogradu. Takova predodžba svakako je zabluda, što se tiče elektri-

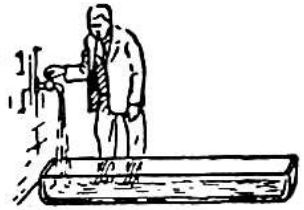
čne struje. Poznajemo dvije vrsti električne struje: istosmjernu i izmjeničnu struju. Kako već samo ime kaže, istosmjerna struja teče uvijek istim smjerom, a izmjenična neprekidno mijenja svoj smjer.

Potražit ćemo opet usporedbe s poznatim pojavama, da te prilike protumačimo.

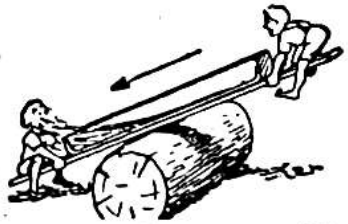
H. Osnovi izmjenične struje



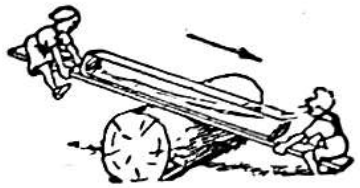
Evo njihaljke za djecu!



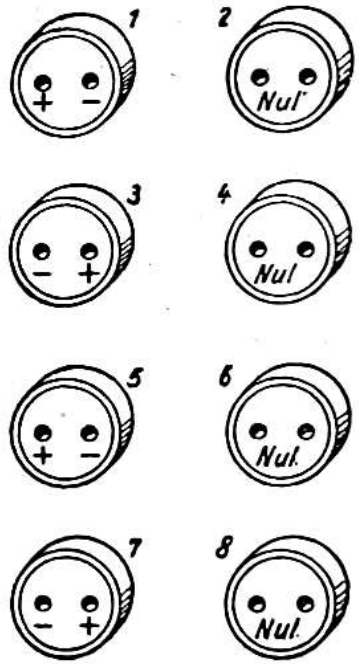
. . . a ovdje je duga staklena posuda, koju smo napunili s vodom.



Postavimo tu posudu na njihalku, a djeca neka se njišu. Voda će teći jedanput u jednom, a drugi put u drugom smjeru.

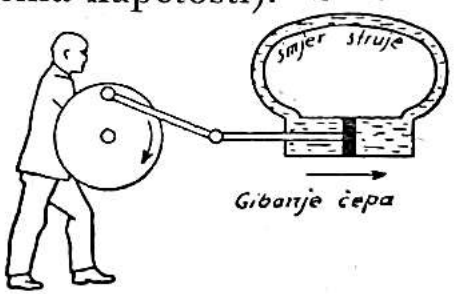


Struja vode u posudi neprestano mijenja smjer tečenja, ako se djeca njišu: izmjenična struja.

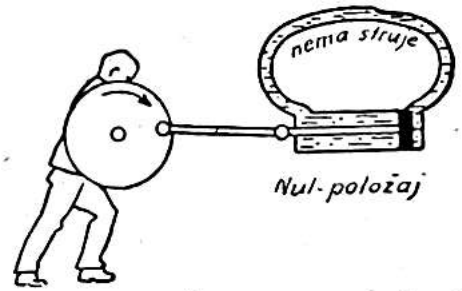


Kod električne struje događa se po prilici isto, ako se polovi na priključnoj kutiji neprestano mijenjaju, kako je prikazano na slikama od 1 do 8.. Opažamo, da slike na desnoj strani t. j. 2, 4, 6 i 8 pokazuju, da je napetost na kutiji nula. Kako je to moguće?

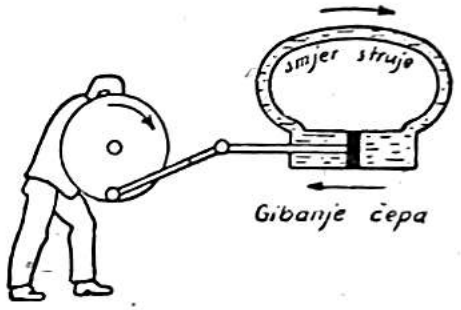
Vratimo se na usporedbu s njihaljkom. Njihaljka ima također svoju nul-točku. U položaju kako je narisan na slici, nema nikakove razlike u visini (nema napetosti).



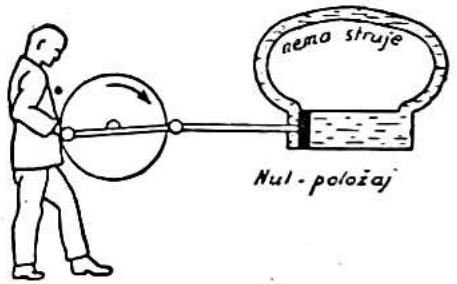
Izmjeničnu struju vode možemo proizvesti na slijedeći način: Valjak spojen je na obje strane s cijevima, a u njem se nalazi čep. Sve je napunjeno vodom. Ako pomičemo čep lijevo i desno, teče u priključenim cijevima struja vode, koja uvijek promijeni smjer, kad čep promijeni smjer gibanja. Na slici gore teče voda obratno nego se miču kazala na uri.



Sad je upravo onaj momenat, kad struja vode **mijenja svoj smjer . . .**

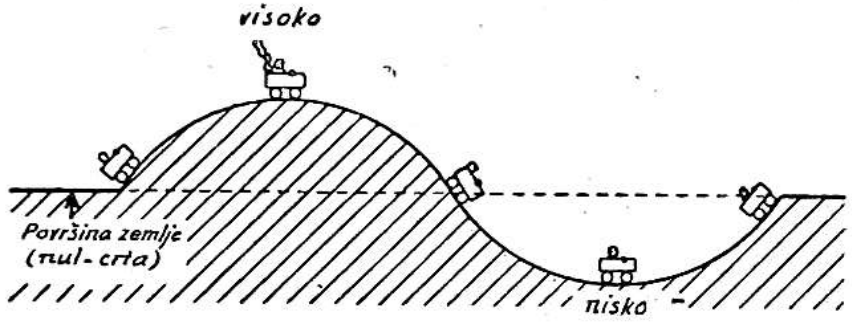


. . . i nakon toga teče u smjeru, kojim se giblju kazala na uri.



Smjer vodene struje se opet mijenja, pa nakon toga teče opet istim smjerom, kako je bilo u početku.

U većini rasvjetnih mreža teče izmjenična struja. Mali valoviti znak naći ćemo na pločici brojila, ako naša mreža vodi izmjeničnu struju. Zašto upravo taj znak? To je slikovito prikazana promjena napetosti kod izmjenične struje.

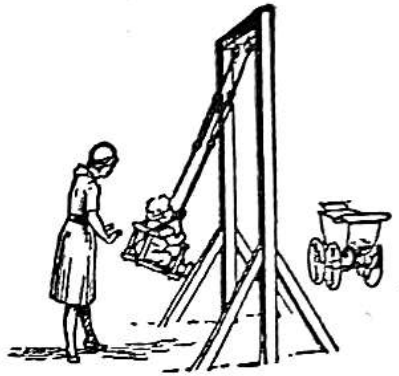


Jednom gore-jednom dolje - uvijek se mijenja - izmjenična struja

Ovo prikazivanje bit će nam mnogo jasnije, ako pogledamo ovu sliku. Napetost (tlak, razlika u visini) najprije je jednaka nuli, nakon toga raste, opet pada i konačno dođe opet do nule, povećaje se u protivnom smjeru i opet poprima vrijednost nule. Na taj način upoznali smo krivulju izmjenične struje.

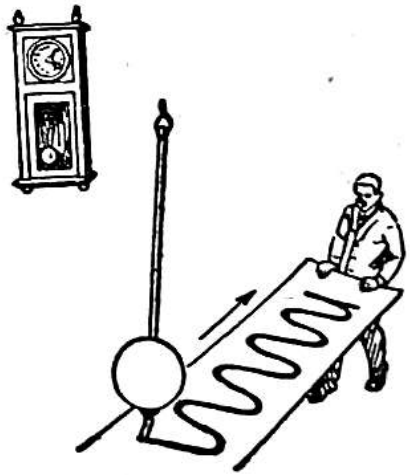
J. Frekvencija izmjenične struje

Čuli smo, da je ta vrsta električne struje dobila svoje ime zbog svojstva, da neprekidno mijenja svoj smjer. Ako dijete vozimo u dječjim kolicima uvijek u istome smjeru, to će opisati put, koji ima uvijek isti smjer, slično kao i struja istoga smjera.

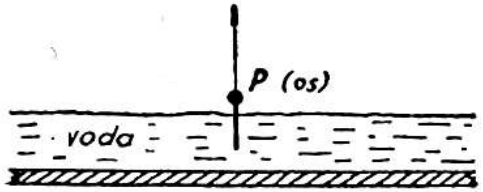


Stavimo li ali dijete u njihaljku, to se smjer gibanja djeteta neprestano mijenja, slično kao kod električne izmjenične struje.

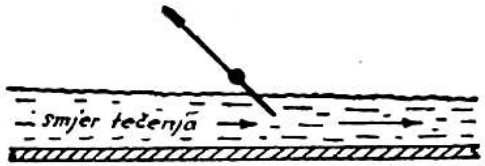
Ako njihaljku zamijenimo s jednostavnijim njihalom, to smo dobili jednostavno sredstvo, da direktno narišemo krivulju izmjenične struje.



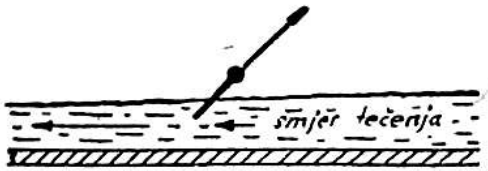
Na ovome njihalu pričvršten je na donjem kraju kist umočen u boju. Ako ispod njihala pomičemo komad papira, dok se njihalo njiše, narisat će nam kist krivulju izmjenične struje.



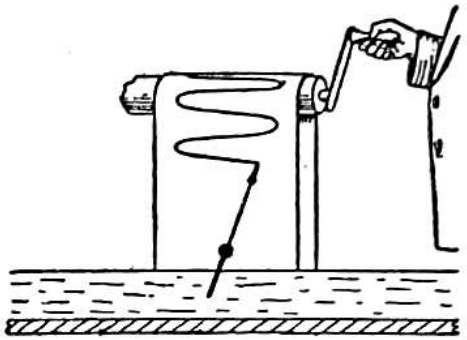
Prilike bit će nam još jasnije, ako opet upotrijebimo usporedbu s vodom. Ovdje je žlijeb s vodom. Oko točke P može se kretati kazalo, a jedan njegov kraj uronjen je u vodu.



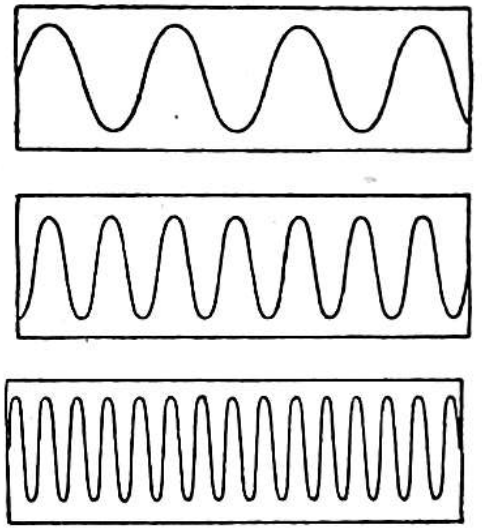
Ako struja vode mijenja smjer, pa u ovom momentu dolazi slučajno od lijeva prema desno, gornji kraj kazala pomaknut će na lijevo.



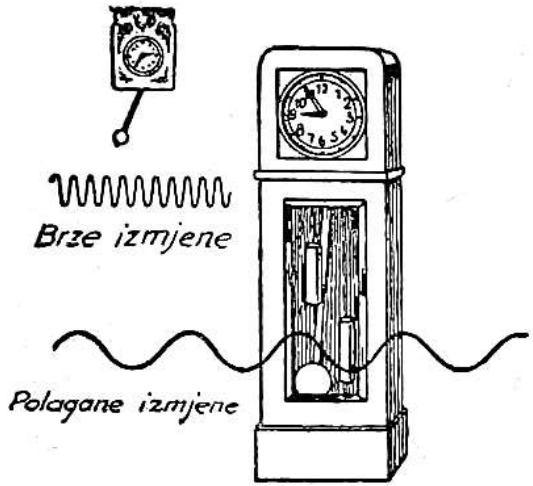
Ako dolazi od desna prema lijevo, maknut će se kazalo na desno. Ako vodena struja pravilno mijenja smjer, otklanjat će se i kazalo u istom smislu sad na lijevo sad na desno.



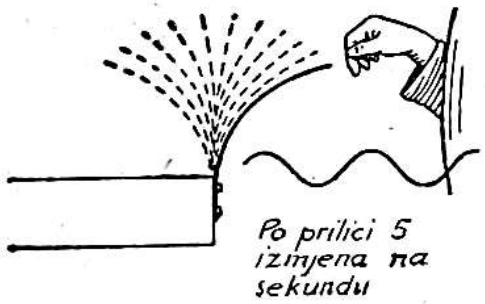
Namjestimo li na vrhu kazala opet mali kist umočen u boju, pa ispod njega vučemo vrpcu papira, nastat će opet krivulja izmjenične struje.



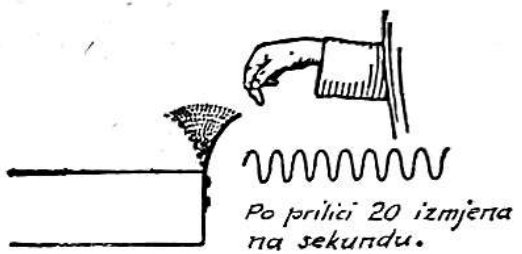
Što se brže mijenja smjer, bit će manji razmak između pojedinih brijegova i dolova na krivulji, uz pretpostavku, da se papir giblje uvijek s istom brzinom. Broj, koji nam pokazuje koliko puta je kazalo prošlo na lijevo i na desno zove se frekvencija.



Još jedan mehanički primjer: Njihalo kod ure. Njihalo male ure je kratko i giblje se brže amo i tamo, nego kod velike ure. Malo njihalo izvede u isto vrijeme više titraja, nego dugo. Malo njihalo ima veću frekvenciju.

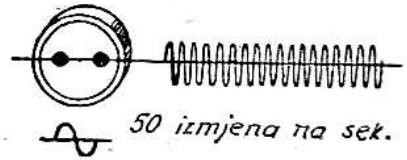


Drugi primjer: U škripac učvrstili smo dugi kovni štap. On može polagano titrati, frekvencija njegovog titranja je malena.

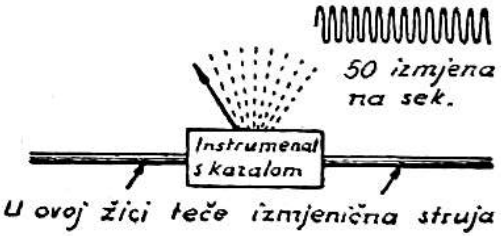


U škripcu učvršteni kratki štap titra brzo, njegova je frekvencija titranja velika.

Ove jednostavne usporedbe razjašnuju nam najjednostavnije u ovaj čas razlike između velike i male frekvencije. Kasnije imat ćemo još prilike o istoj temi govoriti.



Zapamtimo za sada, da izmjenična struja u rasvjetnoj mreži ima redovno 50 promjena u sekundi, njezina je frekvencija 50 herca.



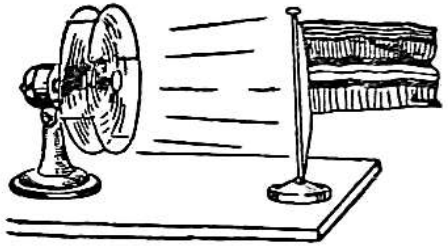
Kad bismo u vod te mreže uvrstili jednostavni instrumenat za mjerenje s kazalom, slično kako smo to malo prije opisali kod struje

vode, pa ako to kazalo ne bi imalo tromosti, moglo bi slijediti te promjene smjera struje, ono bi se na sekundu gibalo 50 puta amo i tamo.

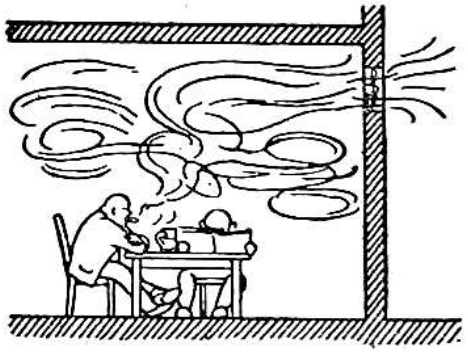
Spomenut ćemo već sada, da je jedinica za mjerenje fresvencije 1 herc = 1 titraj na sekundu. 1000 titraja na sekundu = 1000 herca označuje se kao 1 kiloherc.

II. MAGNETIZAM I ELEKTROMAGNETIZAM

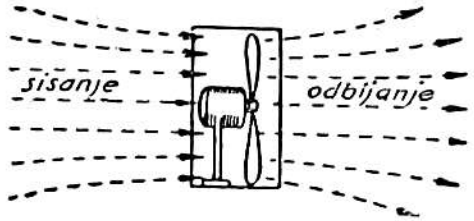
A. Magnetizam



Na lijevoj strani stola namješten je električni ventilator. Prema lepršanju zastave možemo prosuditi na koju stranu on puše.

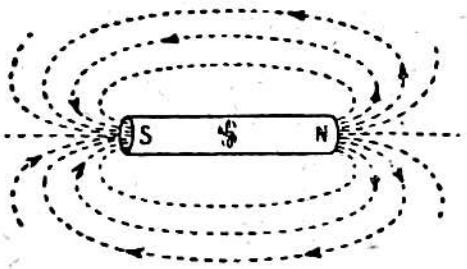


Ovdje je drugačije namješteni ventilator, on siše zrak.

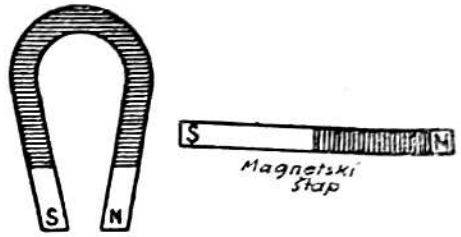


U istinu svaki ventilator na jednoj strani siše zrak, a na drugoj ga od sebe odbija.

Ako bismo ventilator stavili u sredinu cijevi, to će na jednom kraju S zrak ulaziti u cijev, a na drugom kraju N će izlaziti.

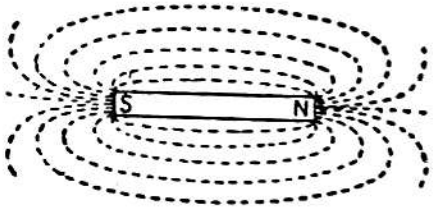


Zrak, koji na jednoj strani izlazi iz cijevi ući će na drugoj opet u cijev. Nastat će neko polje gibanja zraka.

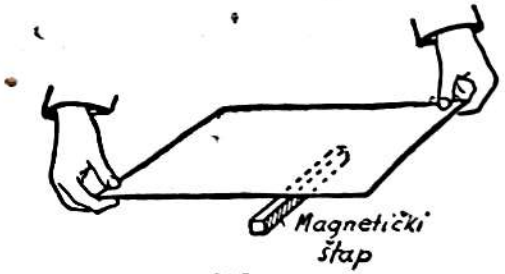


Potkovasti magnet

Svi poznamo potkovasti magnet s njegova dva kraja S i N, t. j. sa sjevernim i južnim polom. Ako takav potkovasti magnet izravnamo, dobit ćemo magnetički štap. Pomišljamo, da iz

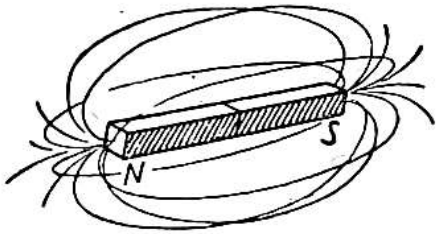


jednog magnetičkog pola takovoga magnetičkoga štapa izlaze, a u drugi ulaze t. zv. magnetičke silnice. Magnetičko polje, koje se nalazi u okolici magneta, sasvim odgovara polju gibanoga zraka, kako smo to upoznali kod onoga uređaja s ventilatorom u cijevi.



Da takovo magnetičko polje postoji možemo se vrlo lako uvjeriti, ako na magnetički štap položimo arak papira . . .

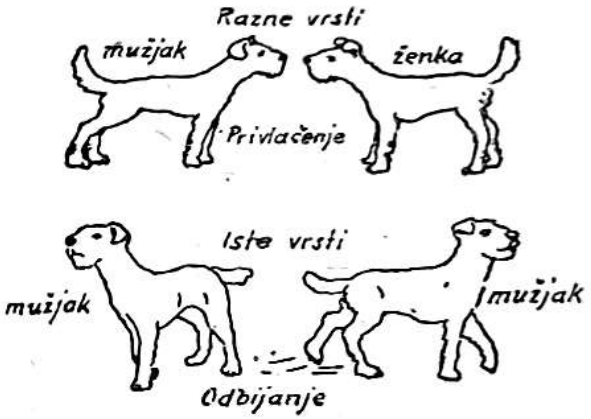
. . . i na njega posipamo željezne pilotine. Mrvice pilotine namjestit će se odmah u smjer magnetičkoga polja, u smjer magnetičkih silnica, koje se protežu od sjevernoga pola do južnoga.



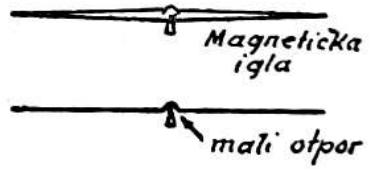
To magnetičko polje ne nastaje samo u ravnini papira, nego ispunjava cijeli prostor u okolici magneta, kako je to na slici prikazano.

Uzmimo dva magneta. S njima možemo pokazati još neke interesantne pojave.

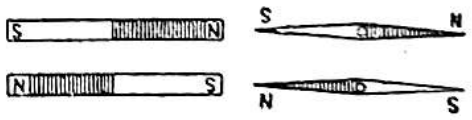
Na pr. nejednako označeni polovi t. j. sjeverni i južni, se privlače. Istoimeni polovi t. j. dva južna ili dva sjeverna se odbijaju.



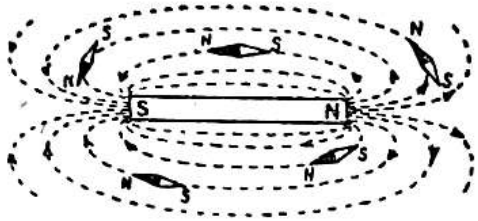
Da to bolje upamtimo, treba samo misliti na ovu sliku.



Privlačenje i odbijanje možemo eksperimentalno pokazati s magnetičkom iglom (kompasom). Takova igla je tanki laki magnetički štap, koji je u svojoj sredini namješten na os.

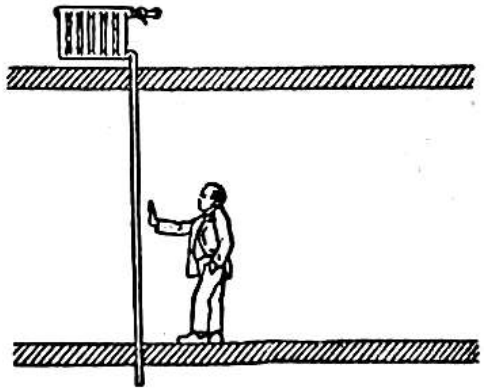


Prema magnetu okrenut će se uvijek nejednako označeni pol igle, jer se raznoimeni polovi privlače, a istoimeni se odbijaju.

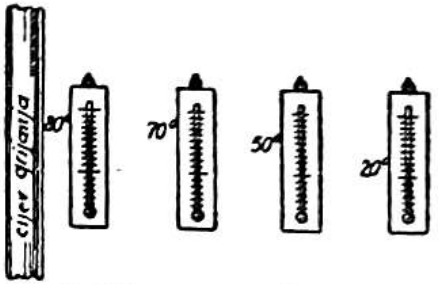


Ako stavimo u magnetičko polje jakoga i velikoga magnetičkoga štapa male magnetičke iglice, one će se postaviti u smjer magnetičkih silnica u tom magnetičkom polju: južni polovi tih malih iglica pokazivat će uvijek prema sjevernom polu magneta, a njihovi sjeverni polovi pokazivat će prema južnom polu magnetičkoga štapa.

B. Elektromagnetizam

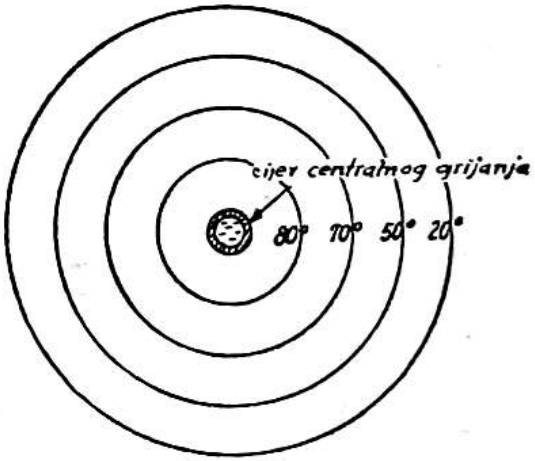


U okolici cijevi centralnoga loženja osjećamo toplinu, ako kroz cijev struji vruća voda. Što dalje odmaknemo ruku od cijevi osjećaj topline je slabiji.

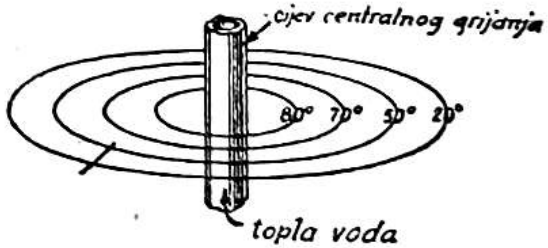


U različitim daljinama od cijevi obješeni su istovrsni termometri. Oni nam pokazuju, da djelovanje cijevi, kroz koju teče vruća voda, opada s daljinom.

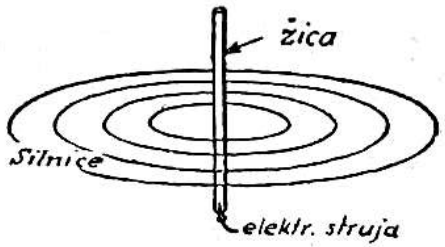
Oko ugrijane cijevi nastalo je dakle toplinsko polje.



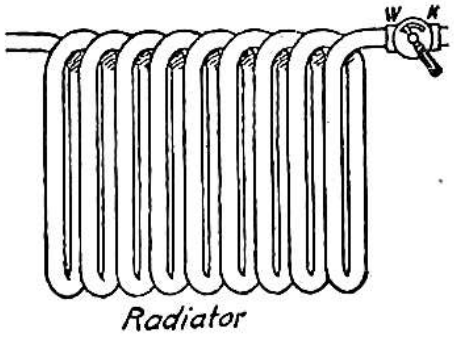
Kružnice pokazuju nam mjesta jednake temperature.



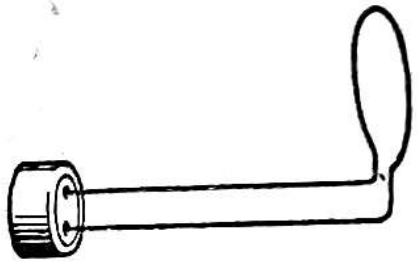
Ako isto narišemo perspektivno dobit ćemo ovu sliku.



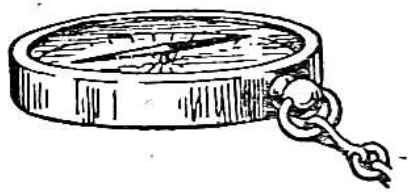
Ako mjesto cijevi centralnog loženja upotrijebimo žicu, kroz koju teče struja, nastat će oko žice električno polje. Narisane kružnice prikazuju nam silnice. Jakost ovoga električnoga polja postaje također sve slabija, ako se udaljujemo od žice, a možemo ga pokazati sa željeznom pilotinom ili s malim magnetičkim iglicama, kako smo to prije pokazali kod magnetičkoga štapa.



Vratimo se natrag k našem centralnom grijanju. Jedna cijev grije slabo u svojoj okolici. Ako upotrijebimo spiralu načinjenu iz cijevi, bit će djelovanje mnogo jače, ako kroz spiralnu cijev teče vruća voda.

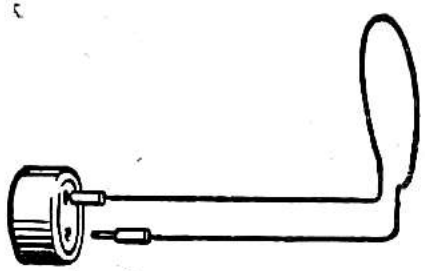


Svinuti ćemo žicu u samo jedan zavoj i pokušati pokazati, da se u blizini žice javlja magnetičko polje, ako kroz nju teče električna struja.

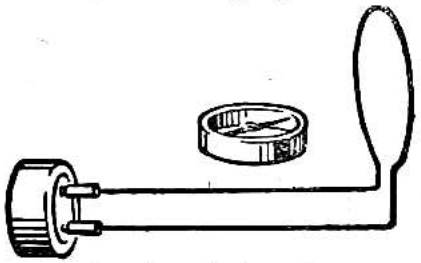


Već smo upoznali instrumenat, s kojim možemo konstatirati, da li postoji na nekome mjestu magnetičko polje. To je magnetička igla, kompas.

Evo naše zemaljske kugle. Gore je sjeverni pol, a dolje južni. Igla u kompasu pokazuje uvijek, kako god se postavili, s jednim krajem prema sjeveru, a s drugim prema jugu.

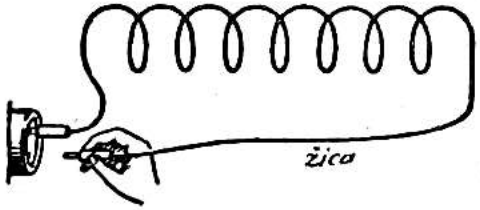


Kompas namjestit ćemo u blizini savinute žice, kroz koju još ne teče struja. Magnetička igla će se djelovanjem zemaljskog magnetizma postaviti u smjer sjever—jug.

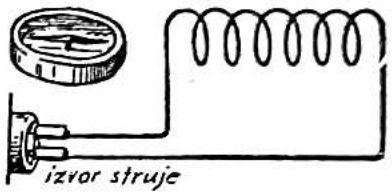


Ako spojimo struju, igla će se otkloniti iz svoga dosadašnjeg položaja.

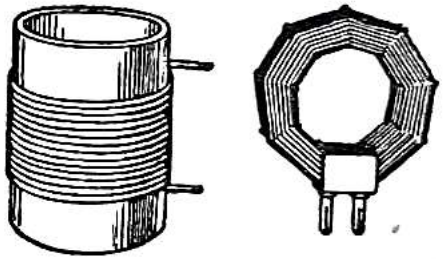
Dakle nam je uspjelo pokazati, da postoji magnetičko polje. Otklon igle bit će sve manji i manji, što se više udaljujemo od svinute žice. (Sjeti se termometara kod centralnog grijanja).



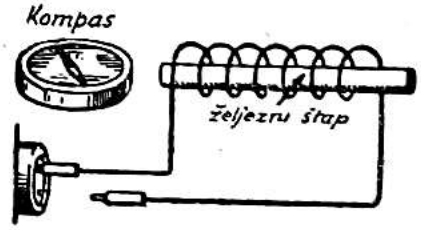
Upotrijebit ćemo mjesto jednoga zavoja njih više, t. zv. uzvojnicu od žice i opetovati naš pokus . . .



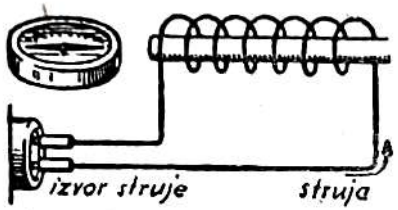
. . . t. j. u blizinu donjeti kompas. Otklon igle bit će mnogo veći. (Usporedba s jednom cijevi i sa spiralom kod centralnog grijanja).



Upoznali smo prva svojstva uzvojnica bez jezgre. U onom obliku, kako su prikazane na slici, poznajemo ih iz radio aparata.

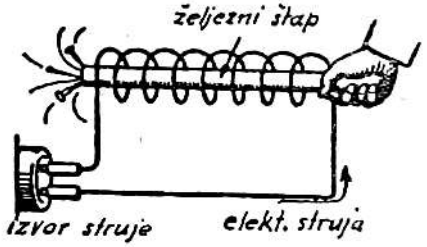


Pođimo korak dalje, pa stavimo u takovu uzvojnicu od žice komad željeza . . .

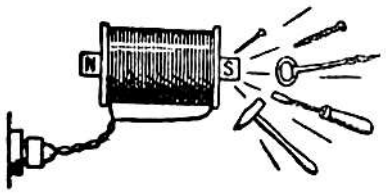


. . . pa zatvorimo krug struje. Magnetička igla u kompasu okrenut će se onaj čas odmah u smjer prema željeznoj jezgri.

To je dokaz, da je u tom slučaju nastalo jako magnetičko olje.



I u istinu, komad željeza, koji nije pokazivao magnetička svojstva, postao je u tom momentu magnet. On privlači male komade željeza, čavliće, vijke itd.

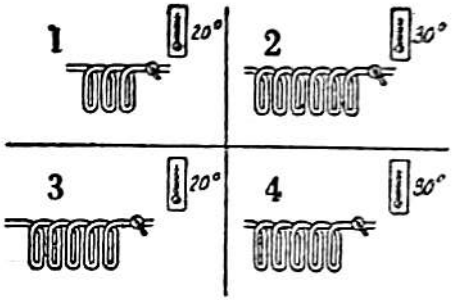


Ova se pojava zove elektromagnetizam.

Elektromagnetizam se dakle javlja, ako oko željezne jezgre namotamo izoliranu žicu i kroz nju pustimo električnu istosmjernu struju.

Jakost elektromagnetičkog djelovanja ovisi o jakosti struje i o broju uzvoju na uzvojnici.

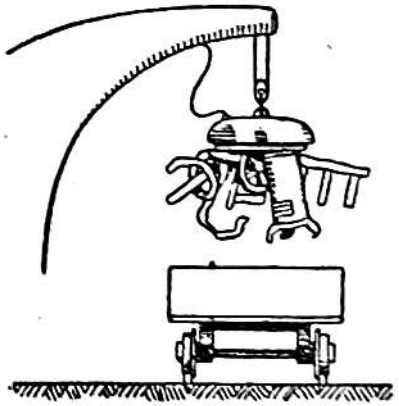
Ovdje na slici ima uzvojnica mnogo zavoja, dakle magnet ima veliku jakost.



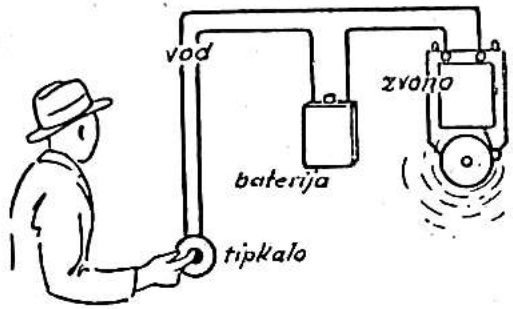
Usporedimo to opet sa centralnim grijanjem. Na slici 1 ima malo zavoja na radiatoru. Temperatura u sobi je 20° C.

Na slici 2 ima mnogo uzvoja. Temperatura je 30° C.

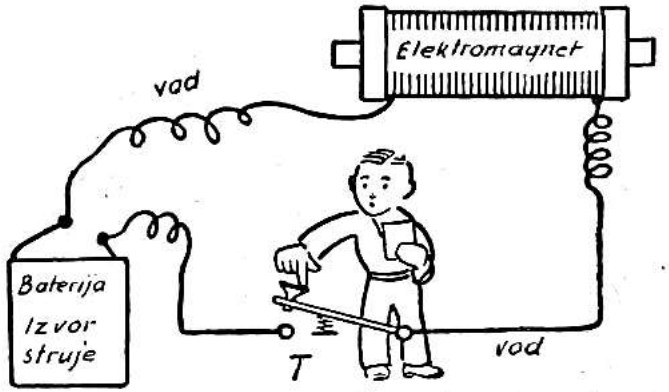
Na slici 3 i 4 radiator ima isti broj zavoja, ali u 3 teče voda od 50° C, a u 4 od 80° C. U slučaju 3 temperatura je 20° C, a u slučaju 4 temperatura je 30° C.



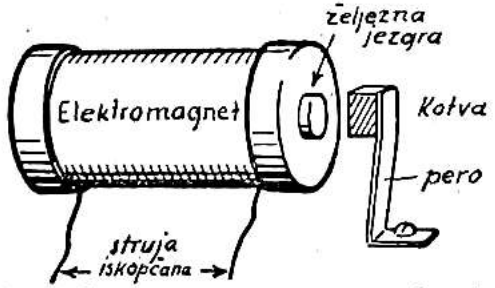
Praktički mnogo se upotrebljava elektromagnetizam kod elektromagnetičkog dizala.



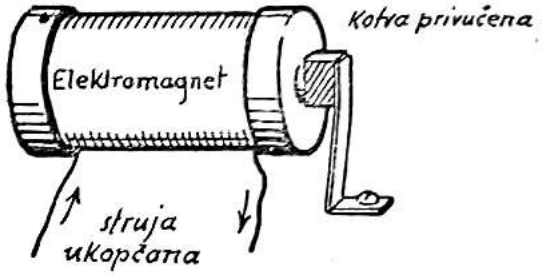
Svima je poznata upotreba električnog zvonca, koje radi također s elektromagnetom.



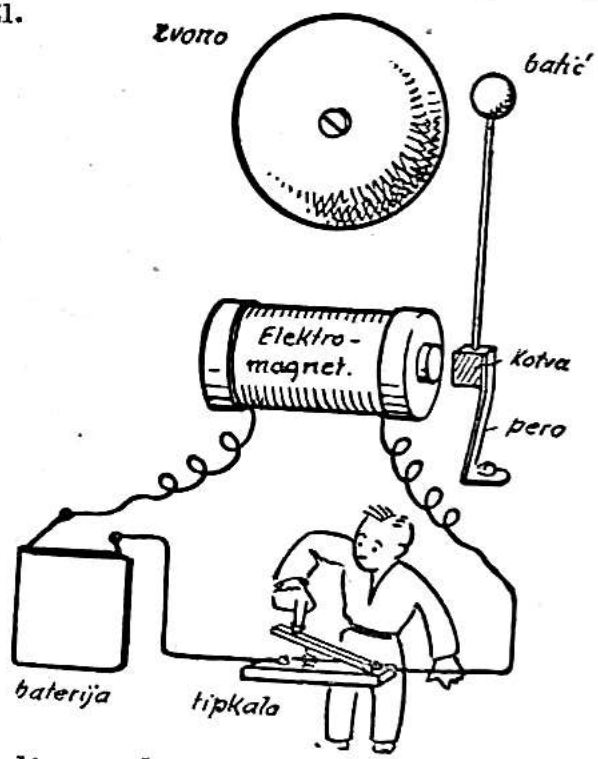
Pokazat ćemo sasvim kratko i jednostavno kako električno zvonce djeluje. Kroz elektromagnet može teći struja iz baterije, ako u tipkalu spojimo strujni krug.



Pred pol elektromagneta namjestimo komad mekog željeza, koje je namješteno na ocjelnom peru.

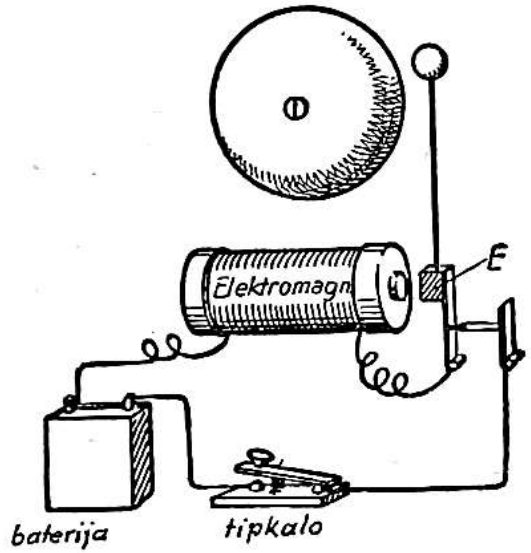


Ako spojimo struju, teče ona kroz zavoje elektromagneta, željezo postane magnetično i privuče željeznu kotvu, koja je na ocjelnom peru. Prekinemo li struju, odmakne se željezna kotva zbog elasticiteta pera, jer ju magnet više ne drži.

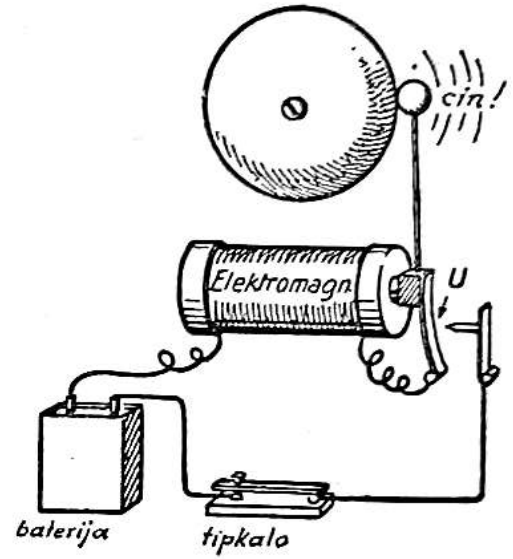


Na željeznu kotvu pričvrstimo batić i u njegovu blizinu namjestimo zvono tako, da batić

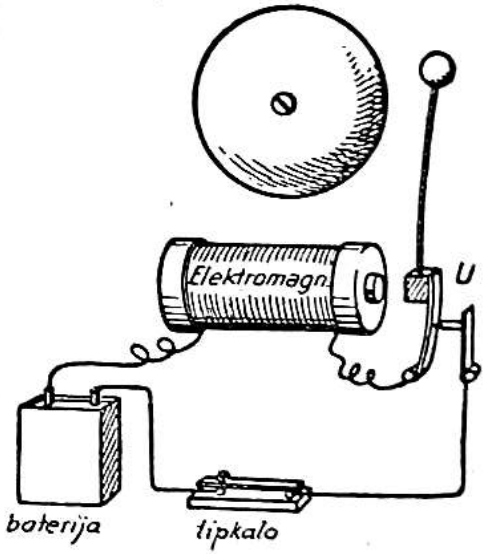
može udarati po zvonu, pa je jednostavno zvonce gotovo. Svaki put kad spojimo s tipkalom, udarit će batić po zvonu, ako dakle želimo, da zvono dulje vremena zvoni moramo neprekidno i brzo struju sklapati i prekidati. Poznato je, da kod električnog zvonca, koje se upotrebljava na kućnim vratima ne treba da se toliko mučimo, jer zvono zvoni dotle, dok držimo s tipkalom zatvoren krug struje. Tehničari konstruirali su električno zvono tako, da ono samo prekida i to vrlo brzo struju. To se dade učiniti vrlo jednostavno, kako ćemo odmah pokazati.



Vod od jednoga pola baterije ne vodimo izravno u uzvoje elektromagneta, nego na jedan šiljak, koji se tiče ocjelnoga pera. Preko toga šiljka i ocjelnoga pera vodimo struju tek do uzvoja elektromagneta.



Ako sada pritisnemo na tipkalo, privući će elektromagnet željeznu kotvu, ali će u isti čas biti struja kod U prekinuta . . .

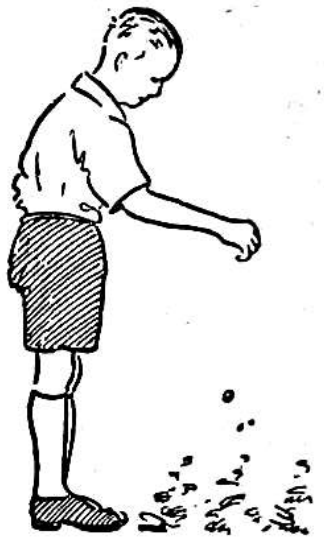


. . . pero će odmaknuti kotvu, jer je magnet više ne privlači. U taj čas opet je struja spo-

jena, jer se je pero kod U taknulo šiljka, pa će zbog toga magnet opet privući kotvu, batić udari po zvonu, ali struja se u isti čas opet prekine, batić se odmakne od zvona i tako se to neprekidno ponavlja.

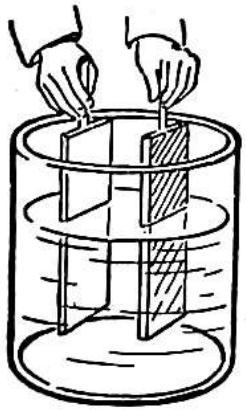
III. DOBIVANJE STRUJE

Baterije

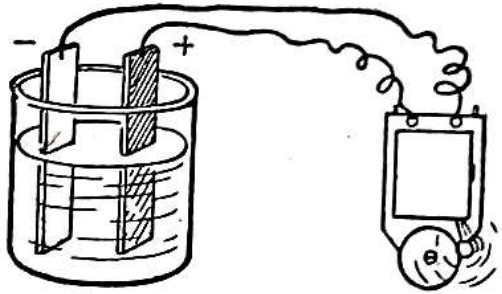


Ako posijemo sjeme u zemlju, izraste iz njega biljka. Ljudi ne mogu protumačiti, koji je tome razlog.

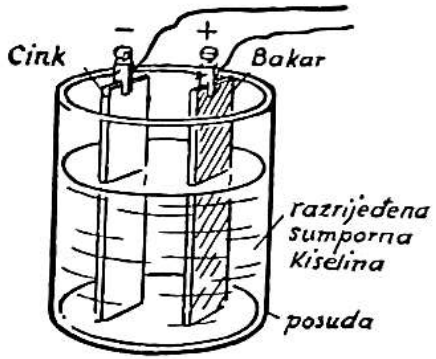
Biljka raste i raste, dok se njezine sile ne istroše i tada ugine.



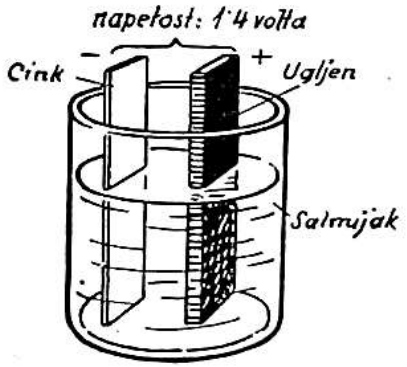
Ako u posudu natočimo nešto razrijeđene kiseline, pa u tekućinu uronimo ploču cinka i bakra, nastaje električna struja u žici, koja spaja te ploče izvan tekućine.



Iz takovoga elementa možemo dobivati struju dotle, dok se on ne istroši.

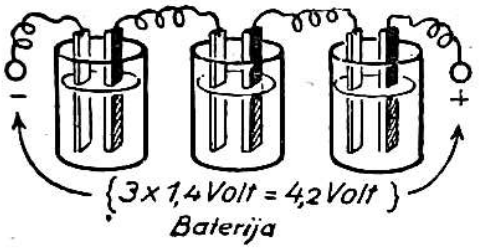


Možemo ustanoviti, da je bakrena ploča pozitivni pol, a cinkova negativni. To je najjednostavniji elemenat, a ima vrlo mnogo mana i loših strana.

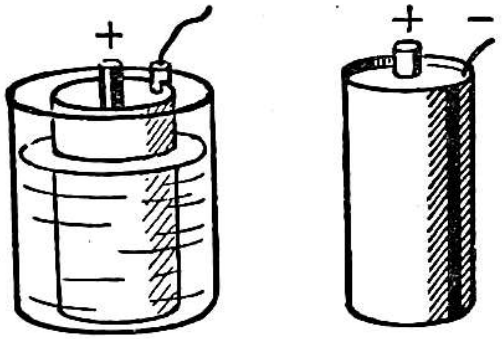


Poznati električni elemenat, koji se danas još dosta upotrebljava, naročito za pogon elek-

tričnog zvonca, je Leclanchéov elemenat, kod kojega su u rastopinu salmijaka uronjene ploče od cinka i ugljena.

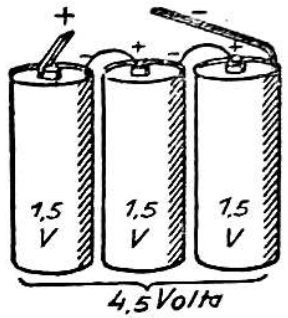


Napetost takovoga elementa je po prilici 1,4 volta. Ako želimo takove elemente upotrijebiti za praktične svrhe moramo ih više spojiti u bateriju, da povećamo napetost i to upravo zato, jer napetost padne, kad elemenat daje struju.



Elektrotehnika sastavila je takove elemente, koji nemaju tekućine, pa se nazivaju suhi elementi, premda ne mogu davati struju, ako su zbilja suhi. Takovi elementi su samo vlažni, pa ako ih okrenemo ne curi iz njih tekućina.

Takovi elementi su osim toga vrlo maleni, ali zato ne mogu dati ni mnogo struje.



Ako više takovih suhih elemenata spojimo zajedno, dobivamo veće napetosti. Na pr. kod džepne baterije spojena su tri elementa u red, pa dobivamo napetost od 4,5 volta. Plus pol jednoga elementa spojimo s minus polom drugoga, plus pol drugoga s minus polom trećega. Na krajevima ostane nam jedan plus i jedan minus. To su polovi baterije. Cijela baterija smjesti se u kutiju od papira . . .

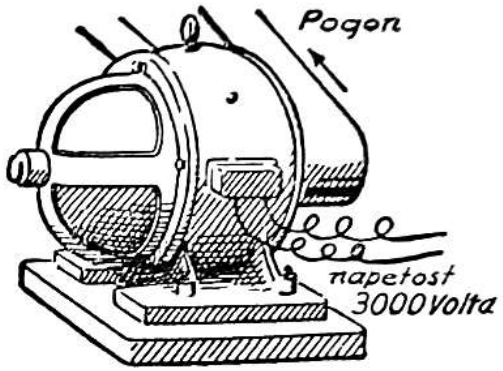
. . . i jeftina džepna suha baterija je gotova.

Veća množina takovih malih suhih elemenata složena u veću kutiju i spojena u red daje

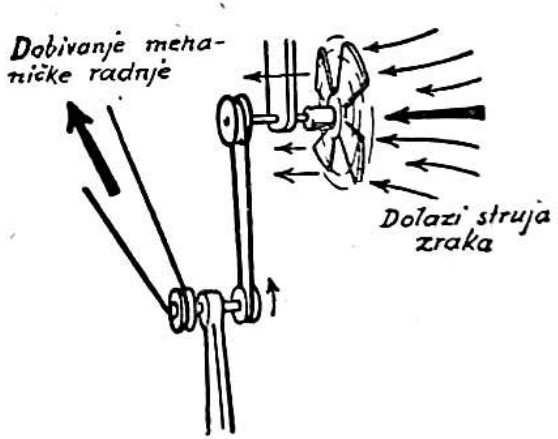
nam poznatu anodnu bateriju, kako je upotrebljavamo za radio aparate tamo, gdje ne možemo aparat priključiti na rasvjetnu mrežu. Takove baterije imaju napetost 100, 120 dapače i 150 volta.

Slabe električne struje možemo proizvesti i termičkim (toplinskim) putem. Ako sastavimo na jednom kraju dvije različite kovne žice, pa spojište grijemo, nastat će slaba električna struja, koju možemo pokazati s osjetljivim instrumentom za mjerenje struje. Ta se vrst elektricitete zove: termoelektricitet. Za praktičke svrhe međutim taj način proizvodnje električne struje ne možemo upotrijebiti.

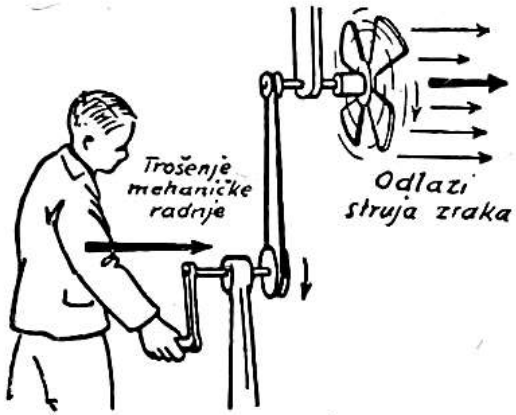
Da opskrbimo električnom energijom naše stanove, cijele gradove, obrtničke radionice i seljačka napredna gospodarstva treba mnogo jače izvore energije, nego što su to do sada spomenute baterije.



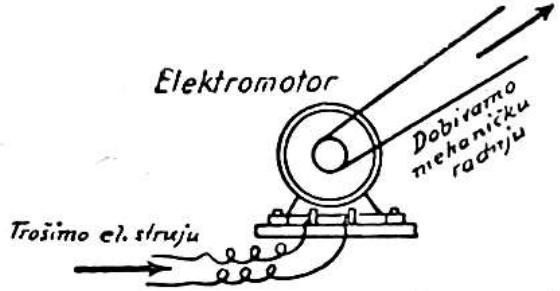
Ovdje javlja se stroj. Mi smo već čuli, da se takav stroj, koji proizvodi električnu struju zove dinamostroj.



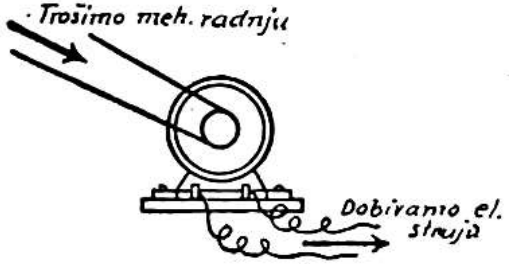
Vjetrenjaču tjera vjetar i ona nam daje mehaničku energiju.



Obratno mi možemo rukom vrtjeti vjetrenjaču, pa ćemo dobiti struju zraka.

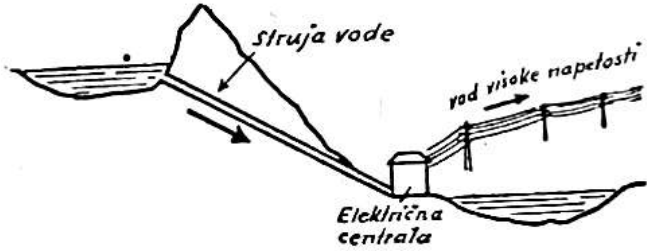


Ako u elektromotor vodimo električnu struju, on nam može dati mehaničku radnju.



Isto kao i kod vjetrenjače, možemo okrenuti prilike kod elektromotora i njemu dovoditi mehaničku energiju, pa će nam on dati električnu energiju.

Pogon dinamostrojeva može biti vrlo različit. Veliki strojevi stavljaju se u pogon s parnim turbinama (Turbogenerator). *(Vidi prilog).*

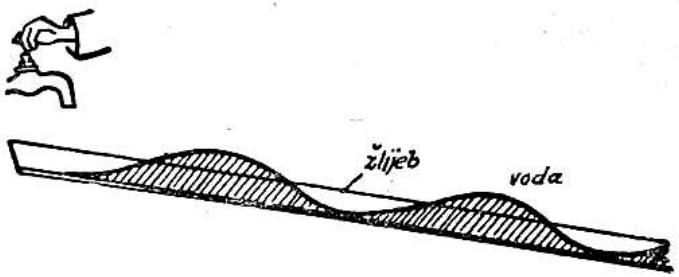


Kod drugih upotrebljava se vodena snaga. Tu se iskorišćuje energija dignute vode. S velikim vodenim turbinama stavlja se u pogon dinamostroj.

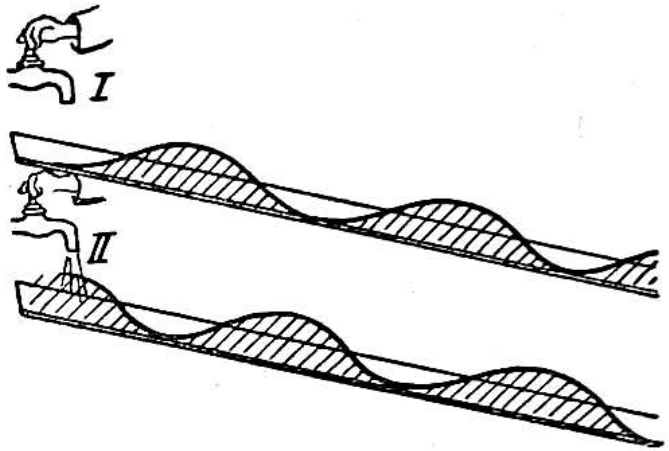
Na ovome mjestu moramo još dodati, da se kod centrala, koje rade s izmjeničnom strujom praktički upotrebljavaju dvije vrsti izmjenične struje. Moderne centrale rade danas uvijek s izmjeničnom strujom s tri faze, a neke starije i manje s običnom izmjeničnom strujom, koju smo već prije upoznali. U strojevima za izmjeničnu struju možemo u istome stroju u isto vrijeme proizvoditi više izmjeničnih struja.

Slijedeće usporedbe pomoći se nam, da to razumijemo.

Ovaj čovjek zatvara i otvara vodovodnu pipu u jednakim razmacima vremena.

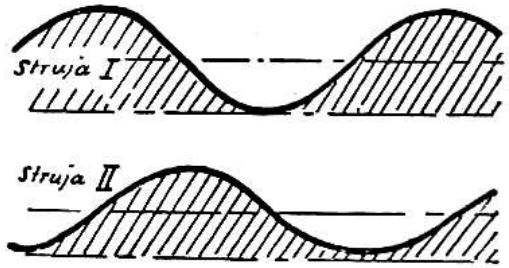


U žlijebu, koji je podmetnut pod pipu, teče voda kao valovi, kako se vidi na slici (izmjenična struja).



Postavimo drugoga čovjeka kod druge vodovodne pipe u blizini, koji otvara i zatvara pipu opet nakon istoga vremena, ali ne u isti čas kad i prvi.

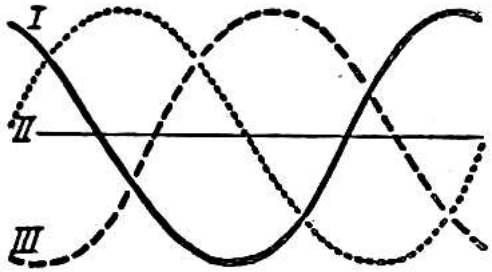
Valovi širit će se dakle u vremenu različito, kako vidimo na slici.



Ovdje je to još jedanput prikazano s krivuljama izmjenične struje, koje mi od prije već poznamo. Tehničar kaže, da su te struje pomaknute jedna prema drugoj u fazi.

Na taj način upoznali smo dvofaznu struju. U elektrotehnici mnogo se više upotrebljava trofazna struja, koja se zove i vrtiva struja.

Krivulje struje kod ovakove trofazne struje izgledaju ovako. Struje su u fazi međusobno pomaknute.

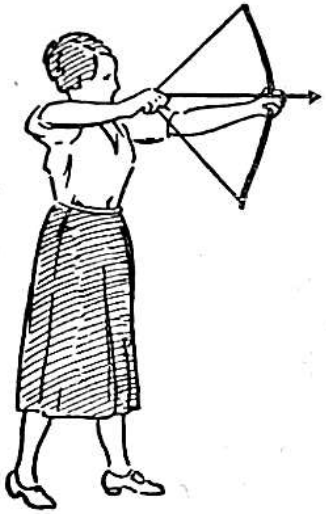


Kod svih velikih električnih strojeva, bili to motori ili generatori ili transformatori vidimo uvijek tri (kod transformatora $2 \times 3 = 6$) priključna vijka. Te naprave rade istodobno s tri struje.

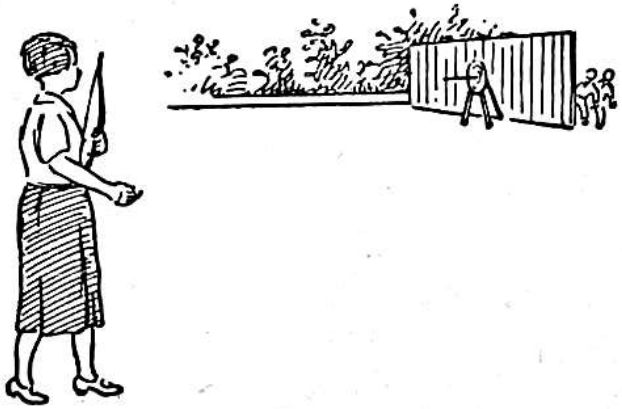
IV. PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ovdje odapeta je strijelica s malom napetosti luka.

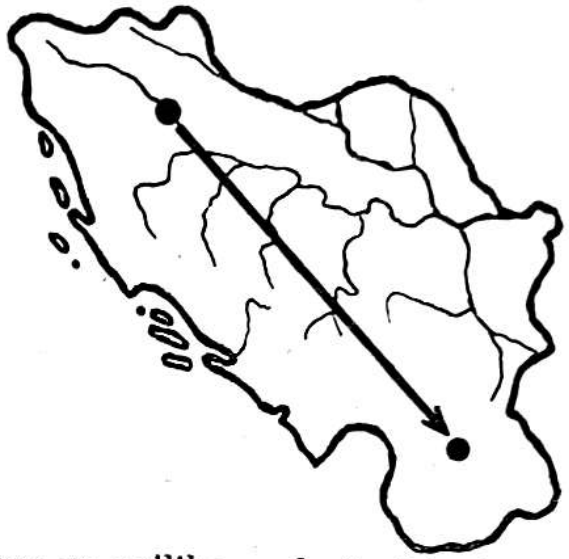
Strijelica ne će odletjeti daleko, jer je napetost luka bila premala.



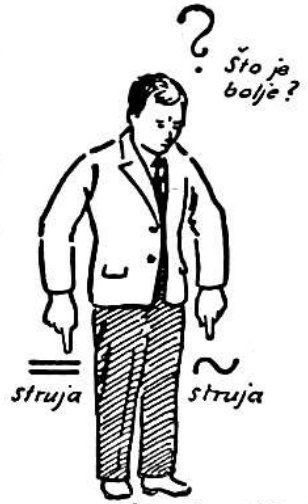
Ovdje je odapeta strijelica s luka, koji je bio jako napet.



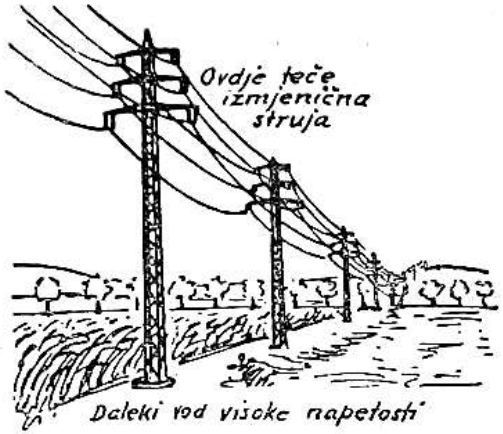
U tom slučaju leti strijelica vrlo daleko.



Vratimo se prilikama kod električne struje. Želimo li struju voditi na veliku daljinu, na pr. iz sjevernih krajeva države na južne obale primorja, treba upotrijebiti vrlo veliku napetost, najmanje 100.000 volta, ako ne i više.



Nameće se samo pitanje: Hoćemo li upotrijebiti struju istoga smjera ili izmjeničnu struju?

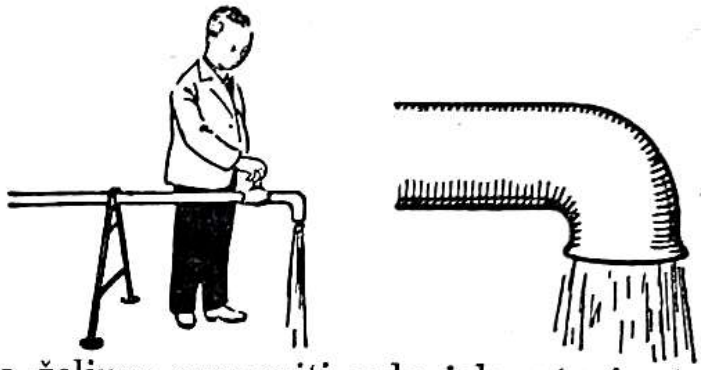


Odgovor je jasan: Na svaki način izmjeničnu struju!

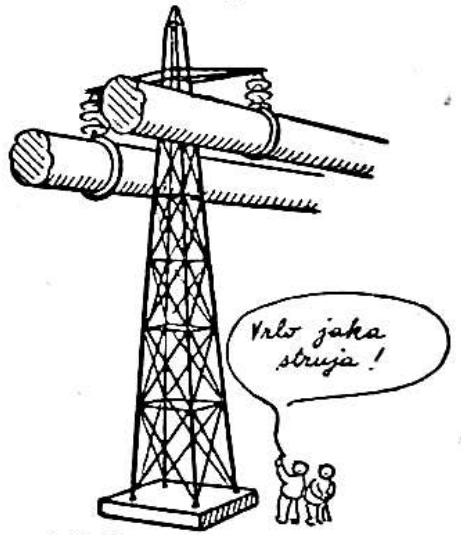
Na čas moramo se sjetiti onoga, što smo već prije naučili. Ako vodimo struju na velike daljine, svakako je naša želja, da na onome mjestu, kuda je dovedemo bude potrošak što veći.

Na mrežu bit će priključeno mnogo strojeva i veliki broj električnih žarulja.

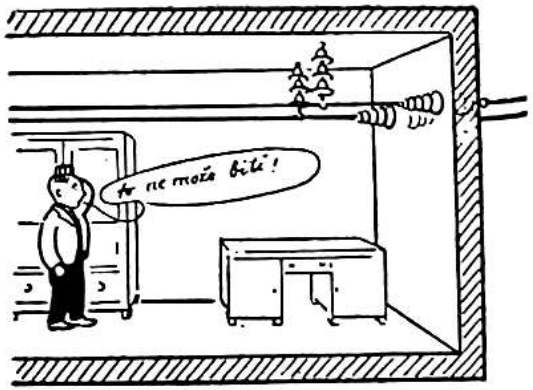
Ako je na mrežu priključeno mnogo aparata, oni troše vrlo mnogo struje, a to znači, da kroz vodove moramo voditi vrlo jaku struju.



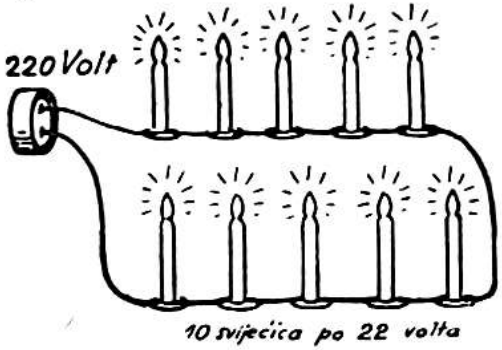
Ako želimo prenositi vrlo jake struje, treba postaviti vrlo debele vodove isto tako kao što i kod vodovoda široke cijevi.



Na stupove dalekoga voda trebalo bi dakle objesiti vrlo debele bakrene žice, ako želimo prenositi jake struje. Takovi bi vodovi stajali vrlo velike sume novaca, ako bi uopće mogli takav vod na veliku daljinu provesti već zbog toga, jer je pitanje, da li bi mogli u opće nabaviti toliko bakra, koliko bi bilo potrebno za takove vodove.

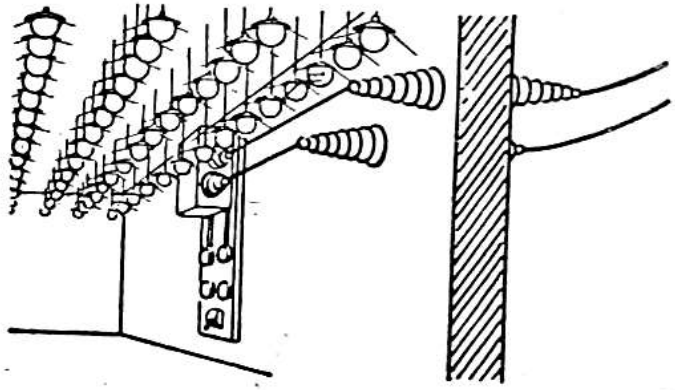


Recimo, da nam je uspjelo toliku množinu električne energije dovesti na jedno mjesto u obliku struje visoke napetosti. Treba postaviti pitanje, kako ćemo tu energiju iskoristiti. Napetost od 100.000 volta ne možemo dovesti u naše stanove. Osim toga znamo, da su žarulje, koje upotrebljavamo za rasvjetu građene za 110 ili 220 volta. Kod tako velike napetosti bile bi potrebne vrlo opsežne mjere opreznosti, jer su te struje velikih napetosti vrlo opasne po život i zdravlje ljudi.



Jedini izlaz bi bio, kad bismo podijelili napetost na isti način, kako smo to učinili kod svi-

ječica za božično drvce. Tamo smo spojili na pr. 10 sviječica u red, a svaka od njih je građena za 22 volta.



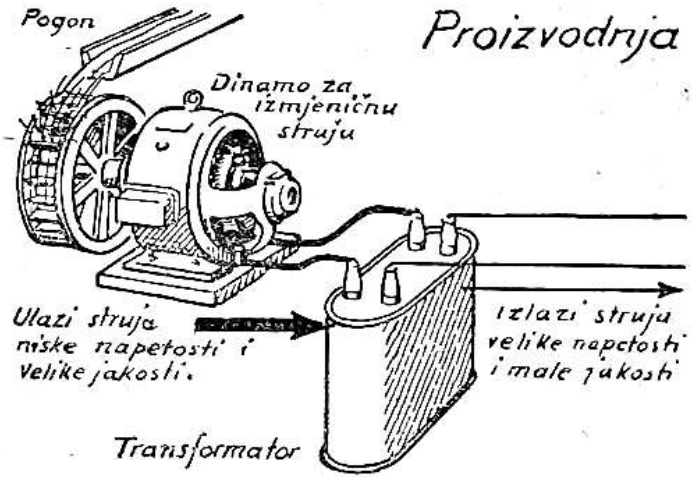
Ako to prenesemo na prilike u mrezi velike napetosti od 100.000 volta, znači, da bi u našem stanu moralo uvijek gorjeti najmanje 500 žarulja, od kojih je svaka građena za priključak na 220 volta. Ako utrnemo samo jednu od tih žarulja, krug struje je prekinut i sve žarulje se ugase.

Na taj način dakle nikako nije moguće. Rješenje na ovaj način bila bi najveća besmislica.

Mogao bi netko upitati: a zašto u opće voditi struju na velike daljine? Možemo postaviti mnogo malih električnih centrala, koje će imati kratke vodove, pa nema briga s vođenjem struje na velike daljine. Takav način elektrifikacije je vrlo neekonomičan, jer su pojedine male centrale relativno vrlo skupe. Nadalje

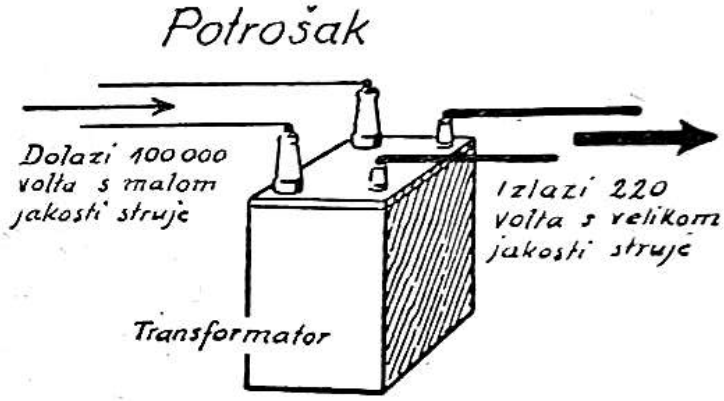
treba uzeti u obzir, da na svakome mjestu nemamo prikladnih i jeftinih izvora snage. Treba ugljen dovažati iz velikih udaljenosti na mnoga mjesta, a opet ima mjesta, na kojima postoje veliki izvori energije u vodenoj snagi, koji se dadu vrlo ekonomski iskoristiti.

Osim toga ima kod nas u državi mjesta, na kojima se nalazi smeđi ugljen u velikim količinama, pa se može odmah na mjestu upotrijebiti za loženje parnih kotlova u električnoj centrali, a vrijednost ugljena je premala, da bi se isplatio daleki prevoz željeznicom. Vidi se dakle, da je racionalno moguće provesti elektrifikaciju države samo na taj način, da se grade vodovi visoke napetosti, a za prenos se može upotrijebiti samo izmjenična struja.

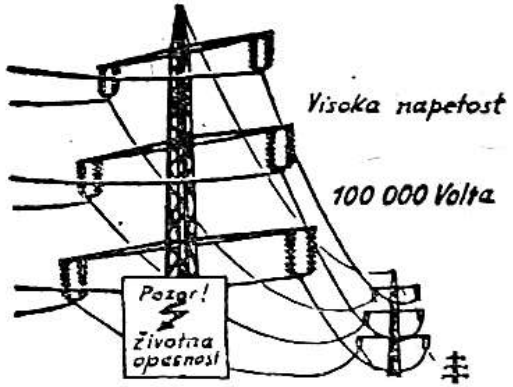


Izmjeničnu struju male napetosti i velike jakosti možemo vrlo jednostavno pretvoriti u struju velike napetosti i male jakosti.

Ova pretvorba struje, koju elektrotehničar naziva transformacijom struje, može se upotrijebiti samo kod izmjenične struje, a nikako ne kod istosmjerne.



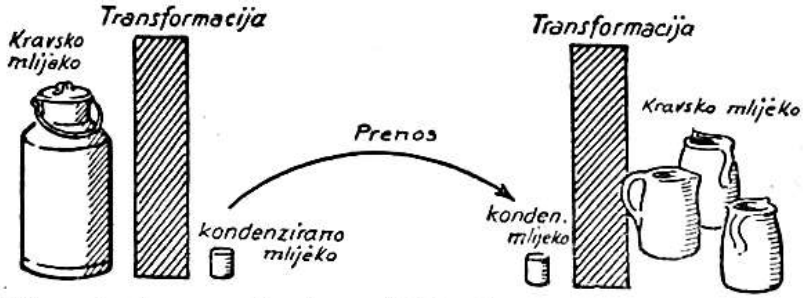
Na mjestu gdje hoćemo struju upotrijebiti, možemo je opet pretvoriti (transformirati) od visoke napetosti i male jakosti, na nisku napetost i veliku jakost.



Kod prenašanja električne energije u tom obliku, da je napetost velika, a jakost mala, mogu se upotrijebiti tanke bakrene žice, jer

kroz njih teče slaba struja. Zato opažamo na stupovima, koji vode na velike daljine struje visoke napetosti razmjerno vrlo tanke žice.

Na slični način transformira se u svrhu prenosa i na drugim područjima narodnog gospodarstva.



Evo jedan primjer: Mlijeko se transformira, t. j. pretvori se u suhi kondenzat, ako mu se u glavnome oduzme voda. Kondezirano mlijeko se transportira na velike daljine. Na mjestu, gdje hoćemo mlijeko upotrijebiti opet ga transformiramo dodavanjem vode u obično kravsko mlijeko.

Slično tako je i kod prenosa električne energije na ve-

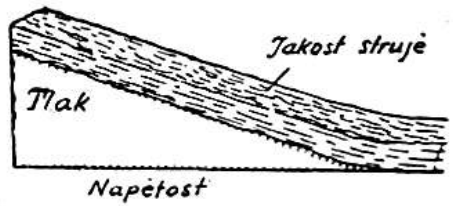
like daljine vidi se, da sve više mora nestajati malih električnih centrala s istosmjernom strujom, pa ove pretvoriti u centrale, koje rade s izmjeničnom strujom ili takova manja mjesta priključiti na vod visoke napetosti velikih centrala.

Evo ovdje karta projekta elektrifikacije Savske Banovine s vodovima visoke napetosti.

Vidi prilog

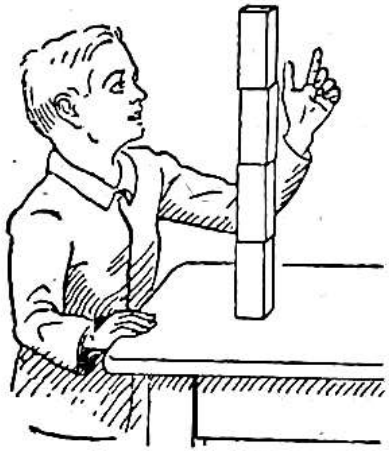
Sad je još potrebno, da se zabavimo s električnim pojavama kod transformacije izmjenične struje i upoznamo aparate, koji se u tu svrhu upotrebljavaju, a zovu se transformatori.

Prije nego ćemo se upoznati s transformatorima, potrebno je da upoznamo još nekoliko osnovnih pojmova. Već smo naučili, da je električna struja određena s dvije veličine, a to su jakost struje i napetost struje.



Da te pojmove razjasnimo upotrijebili smo usporedbu s vodom i kazali, da je napetost

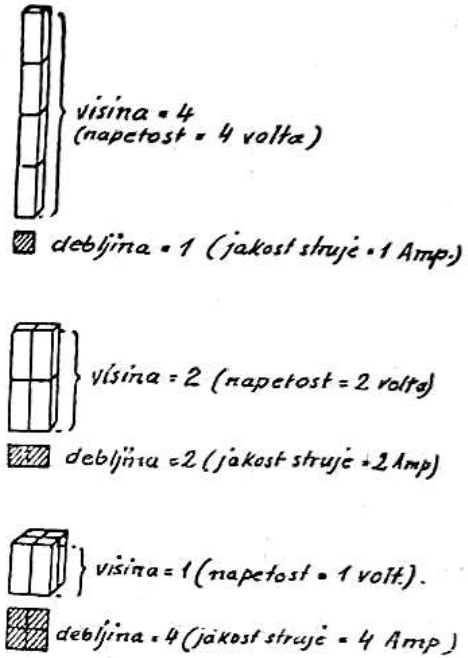
struje slično ono, što je kod vode pad korita, a jakost električne struje smo usporedili s jakošću vodene struje. Upotrijebit ćemo još jednu usporedbu.



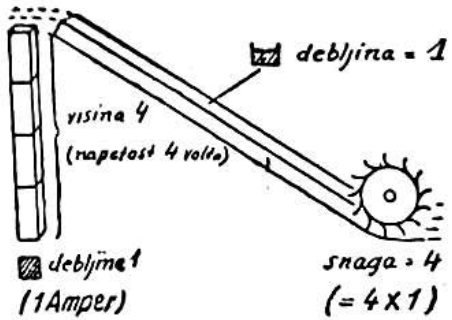
Dječak gradi toranj iz četiri jednaka komada drva.

On može s tim istim drvima sagraditi i dva tornja, koji će svakako imati samo polovinu visine.

Ako primakne ta dva tornja zajedno, dobit će toranj, koji ima polovicu visine, ali je dvostruke debljine nego prvi.

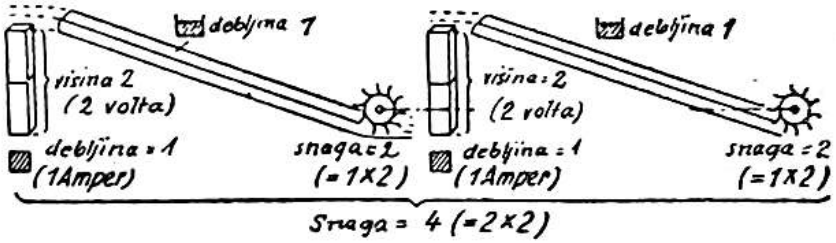


Usporedimo visinu tornja s napetosti kod električne struje (s visinom, iz koje pada voda), a debljinu tornja s jakosti struje, to imamo kod visokoga tornja visinu 4 i debljinu 1. Kod drugoga tornja imamo visinu 2 i debljinu 2. U svakom je slučaju produkt visine i debljine tornja = 4. Snizimo još dalje toranj, nastat će četiri mala tornja. Ako ih opet sastavimo zajedno, dobit ćemo mali niski toranj, koji će biti vrlo debeo. Visina mu je = 1 a širina = 4. Opet je $1 \times 4 = 4$.

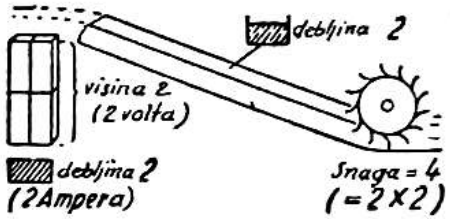


Uzmimo sada još i usporedbu s vodom. Ovdje je pad = 4, a jakost vodene struje = 1. S ovom vodenom strujom, koja teče kroz koso položenu cijev, tjeramo turbinu.

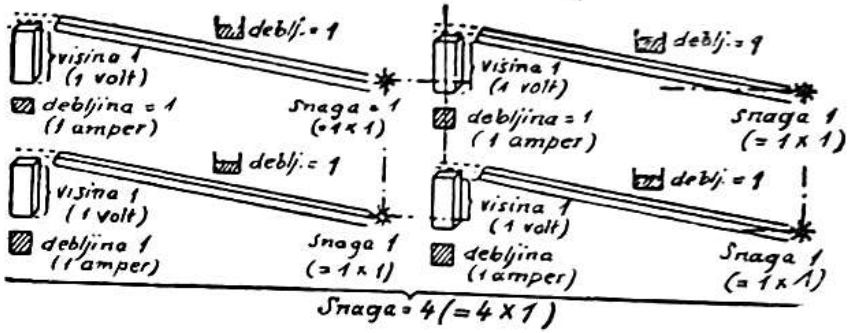
Snaga = pad × jakost struje, 4 × 1 = 4.



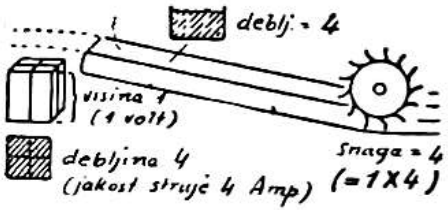
Uzmimo dvije turbine na vodu, pa svaku tjerajmo s jednakom množinom vode, ali s polovicom pada, to će snaga svake biti $2 = 2 \times 1$. Zajedno imaju obje turbine snagu = 4.



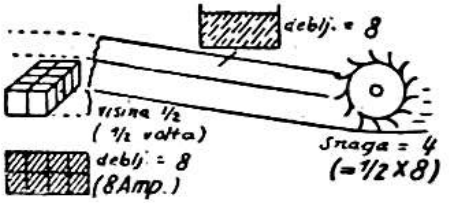
Spojimo ta dva stroja zajedno, pa ga kod istoga pada tjerajmo s jakosti struje 2, imat ćemo ukupnu snagu opet $4 = 2 \times 2$.



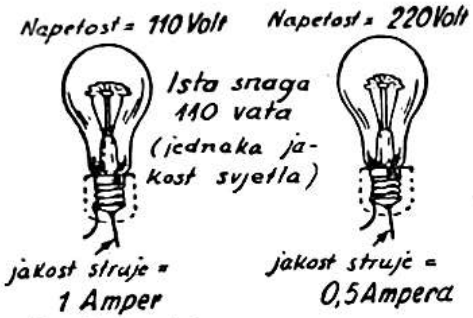
Podijelimo stroj na 4 jednaka manja, pa svakome dovodimo jakost vodene struje = 1, a pad neka bude u tom slučaju = 1. Snaga svakog od tih strojeva bit će $1 \times 1 = 1$. Zajedno imat će sva četiri stroja opet snagu = 4.



Ako upotrijebimo opet samo jedan stroj, to ćemo kod pada = 1 stroju morati dovesti struju = 4, da bude ukupna snaga opet = 4.



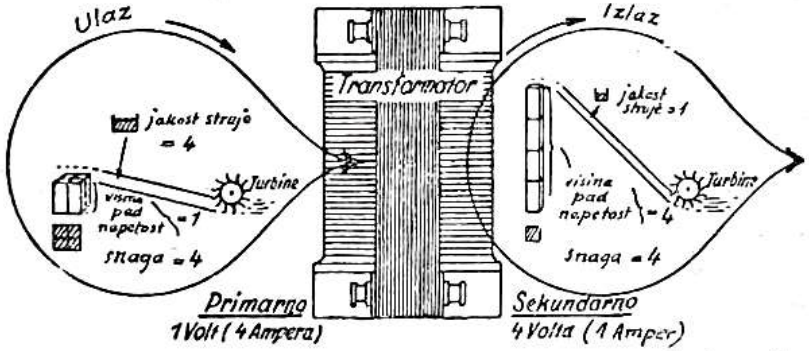
Ovdje je visina još manja = ½, ali je jakost struje = 8. Snaga je opet = 4.



Mjesto vode i turbina na pogon s vodom, možemo namjestiti električne motore i stavljati ih u pogon s električnom strujom. Prilike bit će sasvim analogne. Kod elektriciteta zove se produkt napetosti i jakosti struje snaga struje, a mjeri se s vatima.

Snagu od 8 vata možemo proizvesti sa strujom od 4 volta napetosti i jakosti 2 ampera, ili kod 8 volta i 1 amper ili kod 80 volta i 0,01 ampera itd.

Po volji možemo mijenjati napetost izmjeničnoj struji u aparatima, koji se zovu transformatori.



Poslat ćemo na pr. kod napetosti od 1 volta u transformator struju jaku 4 ampera. Na drugoj strani transformatora dobit ćemo napetost 4 volta, a jakost struje 1 amper. Onu stranu transformatora, na koju struja ulazi zovemo primarnom, a onu, gdje struja izlazi iz transformatora, zovemo sekundarnom. Transformator je neki prenosni uređaj.

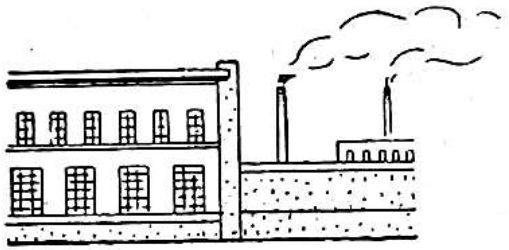
Veliki prenos

Evo ovdje biciklista. Njegov kotač ima veliki prenos. On polagano kreće s nogama, a giblje se brzo napred. Jasno je, da je tlak na pedale velik.

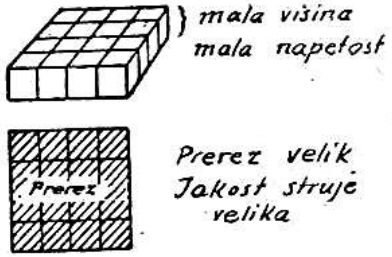
mali prenos

Ovaj biciklista ima mali prenos na svome kotaču, pa mora brzo gibati noge, ako se želi isto tako brzo voziti kao onaj prvi. Svakako je tlak na pedale kod njega mnogo manji.

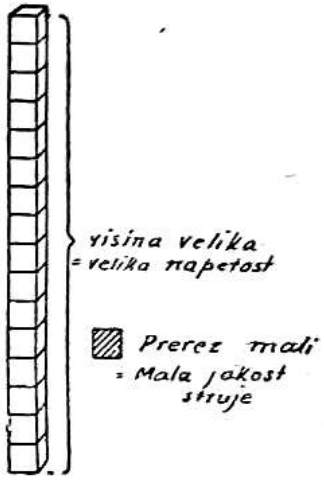
Potrošena snaga je u oba slučaja jednaka.



U ovoj električnoj centrali proizvodi se struja, koju treba odvesti na veliku daljinu, da se ondje u praktične svrhe upotrijebi. Često je opterećenje takove centrale vrlo veliko, pa bi bile potrebne vrlo debele žice, ako bi struju prenašali s napetosti od običnih 220 volta.

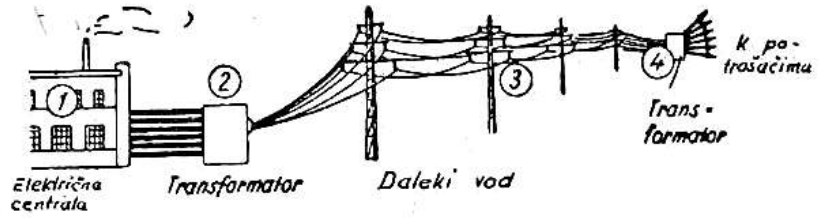


Sjetimo se pokusa s komadima drva, pa ne ćemo učiniti ovako kako je pokazano na slici . . .



. . . nego ovako kako je pokazano na ovoj slici. Struju ćemo tako transformirati, da će mjesto proizvedene velike jakosti i razmjerno male napetosti u daleki vod doći struja visoke napetosti i male jakosti.

Kroz tanke žice (uštednja materijala) možemo voditi struje visokih napetosti gotovo bez gubitaka, ako je jakost struje mala. Na onome mjestu, gdje želimo struju upotrijebiti, možemo je s transformatorom opet pretvoriti u struju niske napetosti (220 volta), ali zato možemo postići velike jakosti struje.



Cijeli postupak je dakle ovaj:

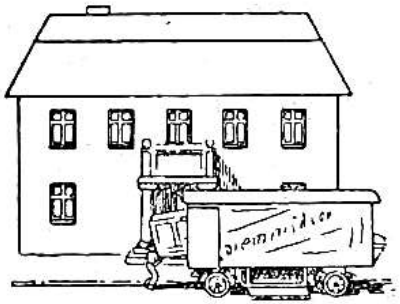
1. U centrali proizvodi se struja relativno niske napetosti.

2. U transformatoru pretvori se ta struja u struju visoke napetosti, koja zbog toga ima malu jakost.

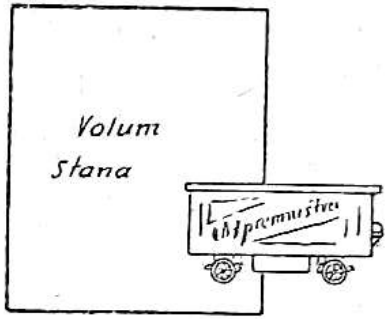
3. Struja visoke napetosti vodi se dalekim vodom visoke napetosti u velike daljine.

4. U mjestu potrošnje transformira se opet u struju male napetosti (220 volta), ali može postići veliku jakost.

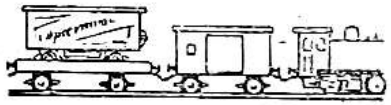
Još jedna jednostavna usporedba, neka nam razjasni ove prilike.



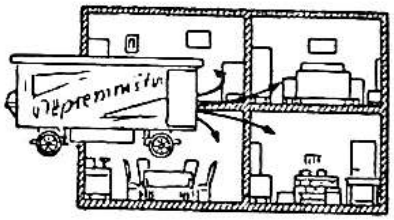
Ovo je velika vila. Posjednik želi preseliti i nastaniti se u drugom nekom mjestu.



Uređaj, koji ispunjava stan, složi se u po volumenu mnogo manja kola za pokućstvo nego je volumen stana. (Veliki prostor = jaka struja. Mali prostor = mala struja. Slabo stisnuto pokućstvo = slaba napetost, jako stisnuto = velika napetost).



Kola za prevoz pokućstva putuju željeznicom u veliku daljinu (daleki vod).



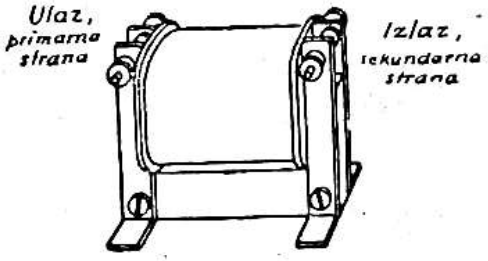
Na ovom mjestu opet se sve pretvara, kako je i prije bilo.

Sadržaj malih kola za pokućstvo proširi se po cijelom velikom stanu.

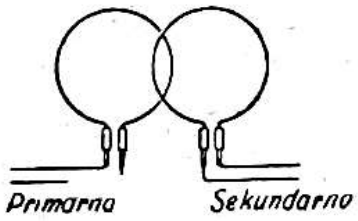
Prevoz pokućstva je na taj način obavljen mnogo jednostavnije i jeftinije, isto tako kao i kod električne struje.

Kako izgleda takav transformator?

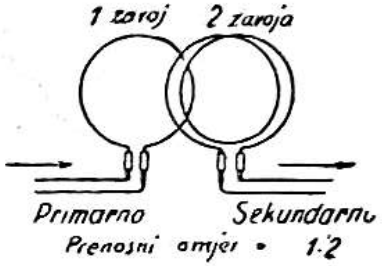
U prilogu je prikazan veliki transformator, kakav se upotrebljava kod velikih centrala.



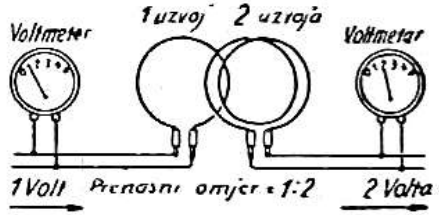
A ovaj ovdje prikazuje transformator za slabe struje. Ima vrlo različitih transformatora, koji služe u različite svrhe.



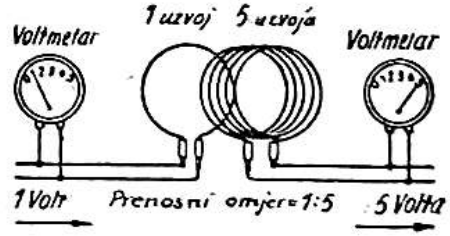
Ovo ovdje je također transformator! Lijeva uzvojnica je primarna i u nju šaljemo struju, desno je sekundarna uzvojnica i iz nje odvodimo struju.



Primarna uzvojnica ima u ovom slučaju samo jedan zavoj, a sekundarna ima dva. Omjer prenosa je dakle 1 : 2.



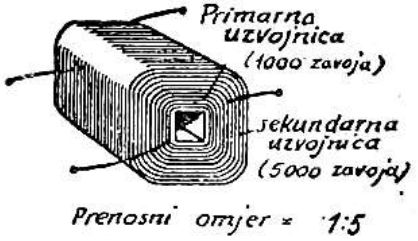
To znači, ako ulazi u transformator struja s napetosti = 1 volt izaći se na drugoj strani s napetosti = 2 volta. Jakosti struja odnose se u pravo obratno.



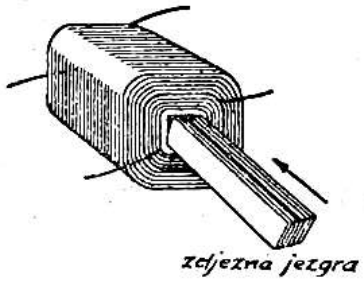
Ovdje je prenosni omjer 1 : 5.

Normalni transformator, koji se upotrebljava za priključak na rasvjetnu mrežu ima na primarnoj strani 1000 uzvoja . . .

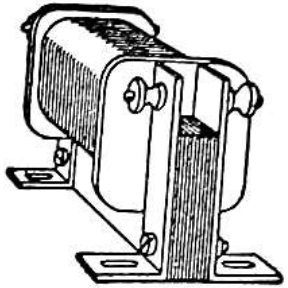
. . . a na sekundarnoj 5000 uzvoja. Njegov je omjer prenosa 1 : 5.



Primarna se uzvojnica utakne u sekundarnu.

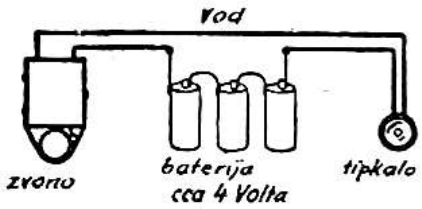


Da bude učinak jači umetne se u primarnu uzvojnicu još i željezna jezgra. Ta je jezgra sastavljena od pločica željeznog lima.

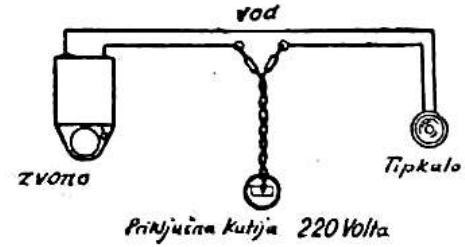


Onaj dio željezne jezgre, koji je izvan transformatora sagradi se tako, da čini zatvoreni krug. Transformator je gotov.

Završit ćemo ovo tumačenje transformatora s nekoliko primjera iz područja slabe struje.

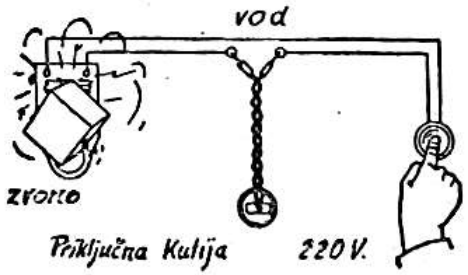


Ne ćemo više upotrebljavati bateriju od Leclanchéovih elemenata kod električnog zvonca, jer imamo sad u kući uveden priključak na rasvjetnu mrežu.



Netko će se možda dosjetit i htjeti jednostavno odstraniti bateriju, pa na isto mjesto

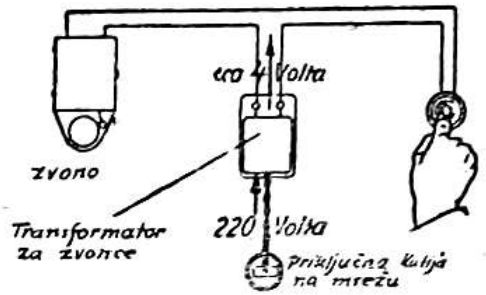
priključiti vodove zvonca na priključnu kutiju rasvjetne mreže.



Pritisnemo li ali u tom slučaju na tipkalo zvonca, t. j. spojimo li struju, ne će se naš zvonac jako ugodno osjećati. Žica na elektromagnetu će izgorjeti. Napetost od 220 volta iz priključne kutije prevelika je za zvonce.

Transformator za zvonce

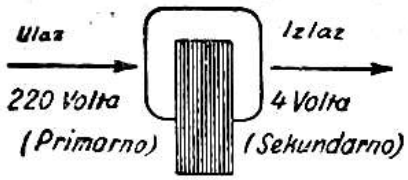
Struju mreže treba transformirati od 220 na 4 volta. To možemo vrlo lako učiniti s t. zv. transformatorom za zvonce, kojega možemo dobiti u svakoj elektrotehničkoj trgovini.



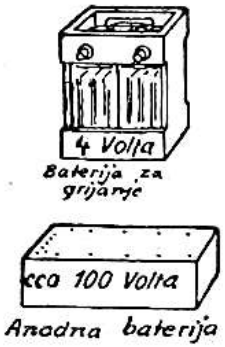
Primarno spojimo na 220 volta, a na sekundarnoj strani dobijemo 4 volta. Ovdje priključimo one žice koje su prije bile priključene na bateriju. Napominjemo, da je samo izmjeničnu struju moguće transformirati.

U radioprijemnim aparatima, koji su građeni za priključak na mrežu izmjenične rasvjetne mreže, također su ugrađeni transformatori. Radio cijevi trebaju za grijanje niti po prilici 4 volta, a mreža ima 220 volta.

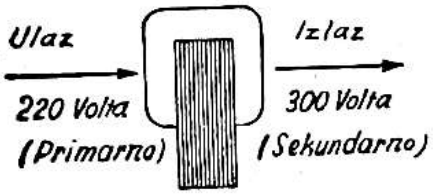
Ako ovakovu radio cijev priključimo direktno na mrežu, ona će onaj čas pregorjeti.



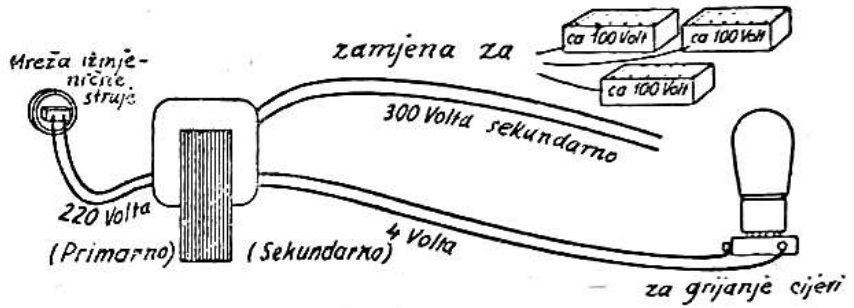
Dakle i ovdje transformiramo struju rasvjetne mreže od 220 na 4 volta u transformatoru, koji je shematski označen na slici.



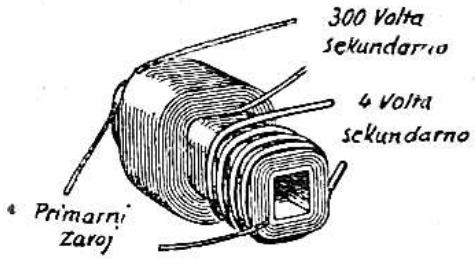
U prvo vrijeme svi su radio prijemni aparati upotrebljavali za struju grijanja akumulator (4 volta), a za dobivanje anodne napetosti anodnu bateriju sa 100 i više volta.



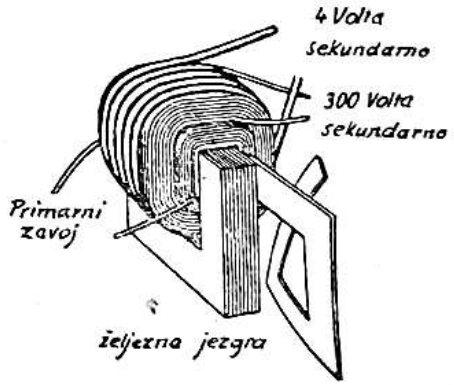
Isto tako kako možemo iz transformatora dobiti struju s napetosti od 4 volta za grijanje cijevi, možemo dobiti i anodnu napetost iz mreže, koja može biti i dosta visoka, ako struju transformiramo na veću napetost



na pr. na 300 volta. Inače bi trebali tri anodne baterije po 100 volta.

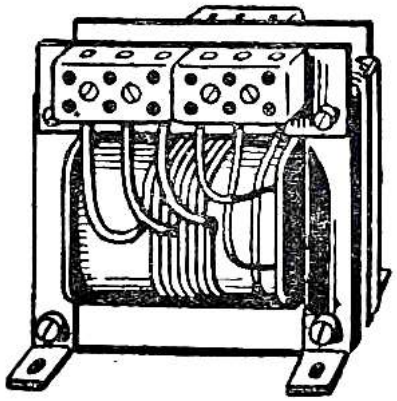


U tu svrhu treba transformatoru dati dvije uzvojnice na sekundarnoj strani, jednu s malo uzvoja za 4 volta i jednu s mnogo zavoja za 300 volta.



U praksi izgleda takav transformator ovako: Željezna jezgra sastavljena je od ploča želje-

znog lima, koje se uturaju u uzvojnice nakon toga, što smo im namotali propisani broj zavoja.

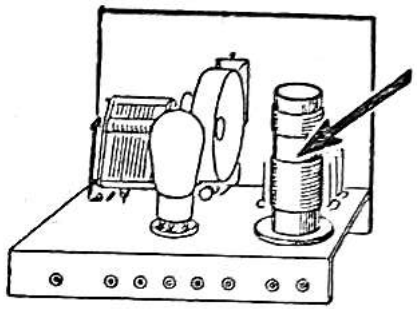


Gotovi transformator izgleda ovako kako vidimo na slici.

Na gornjem kraju vidimo priključke.

Isto tako kako se mogu transformirati izmjenične struje niske frekvencije, možemo u transformatorima mijenjati napetost i strujama visoke frekvencije.

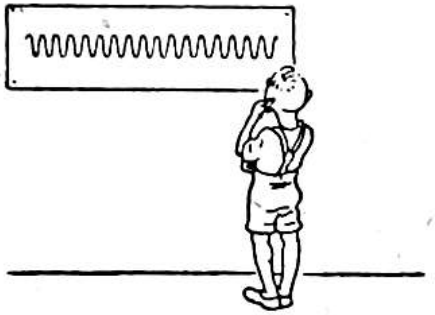
Spomenut ćemo samo nekoliko pojmova iz nauke o strujama visoke frekvencije, koje se upotrebljavaju u radiotehnici.



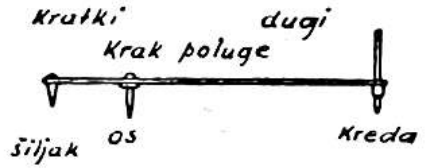
U svakom radioprijemnom aparatu nalazimo transformatore za struje visoke frekvencije. Obično ih nazivljemo uzvojnice.

Transformator za visoku frekvenciju

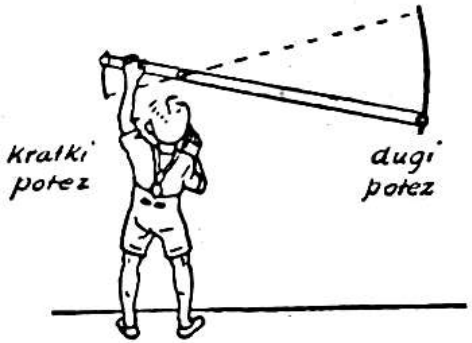
Na istoj jezgri namotano je više uzvojnica, koje čine transformator. Valovi, koji se šire od stanice za davanje, vrlo oslabe, dok dođu do antene radioprijemnog aparata. Te primljene valove treba pojačati. Taj posao obavljaju u radioaparatu cijevi uz pomoć ovih transformatora visoke frekvencije. Evo opet usporedbe:



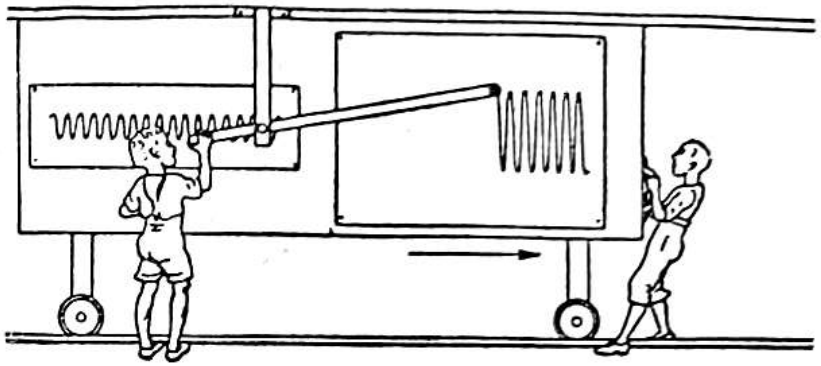
Mladić stoji pred pločom, na kojoj je narisan niz slabih valova. On bi htio taj niz valova povećati i prenesti na drugu ploču u većem mjerilu.



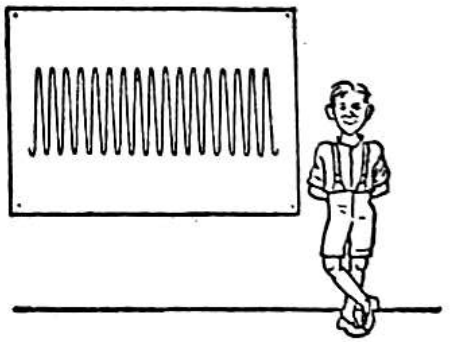
U tu svrhu uzet će polugu s nejednakim krakovima. Na kraćem kraju namješten je šiljak na duljem kreda.



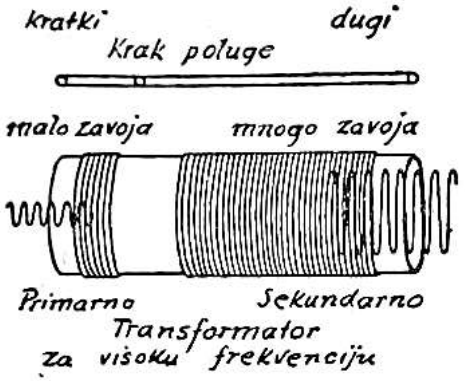
Ako na lijevo šiljak samo malo pomiče, gibat će se kreda na drugom kraju na mnogo duljem putu.



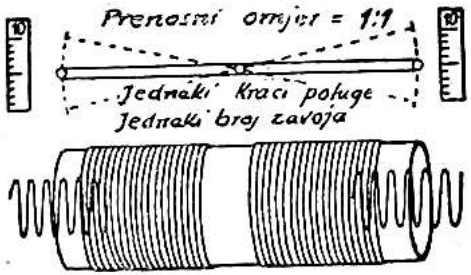
Uzet će veliku ploču, koju će njegov prijatelj jednoliko voziti na desno, a u isto vrijeme on će sa šiljkom pratiti male valove na ploči. Kreda na drugoj strani poluge narisat će te valove u povećanom mjerilu.



S pomoću poluge, neke vrsti prenosioca ili bi mogli kazati transformatora, uspjelo mu je malene valove pretvoriti u velike, uspjelo mu je valove transformirati.



Kratki kraj poluge predočuje nam mali broj zavoja u primarnoj uzvojnici, a dugi krak poluge odgovara velikom broju uzvoja na sekundarnoj strani transformatora.



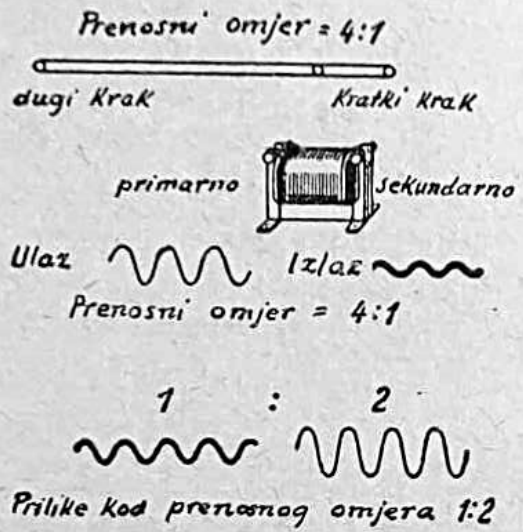
Može se udesiti i tako, da poluga ima oba kraka jednaka. Prenosni omjer je u tom slučaju 1 : 1. Kod transformatora to znači, da strane imaju jednaki broj zavoja, pa se valovi prenašaju bez promjene.

Upamtimo dakle:

Za povećanje niza valova visoke frekvencije upotrebljavamo transformatore za visoku frekvenciju.

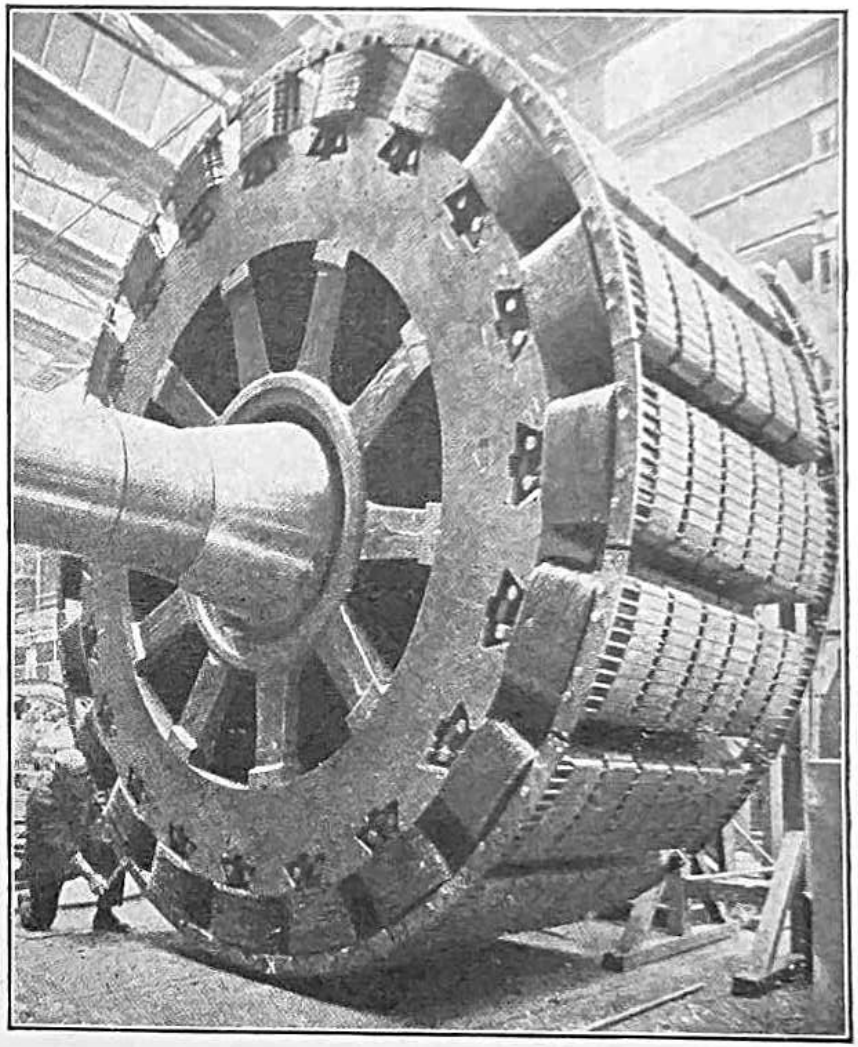
Za povećanje niza valova niske frekvencije upotrebljavamo transformatore niske frekvencije.

Glavna razlika je ta, da posljedni imaju mnogo više zavoja, a u primarnoj je uzvojnici smještena jezgra od željeznog lima. Transformatori za nisku frekvenciju grade se najčešće s prenosnim omjerom 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4 itd. a za posebne svrhe i 1 : 10 dapače 1 : 20.

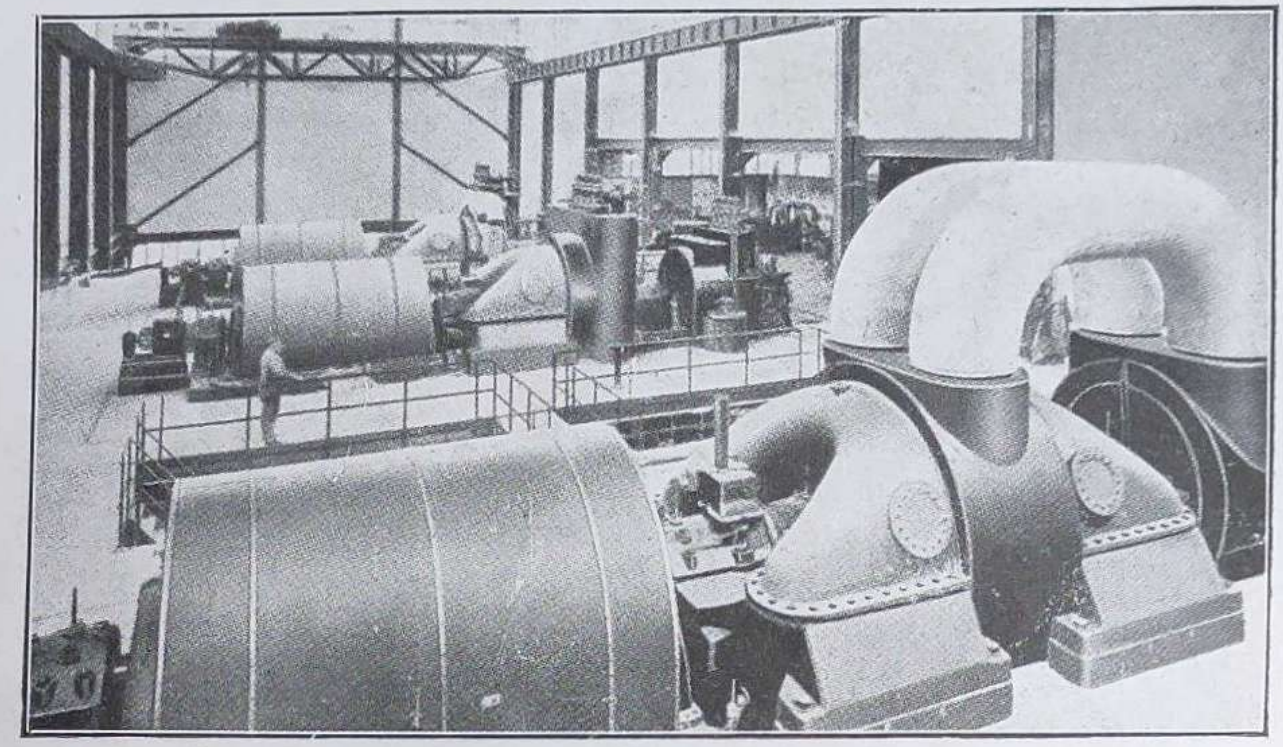


Prilike kod prenosnog omjera 1:2

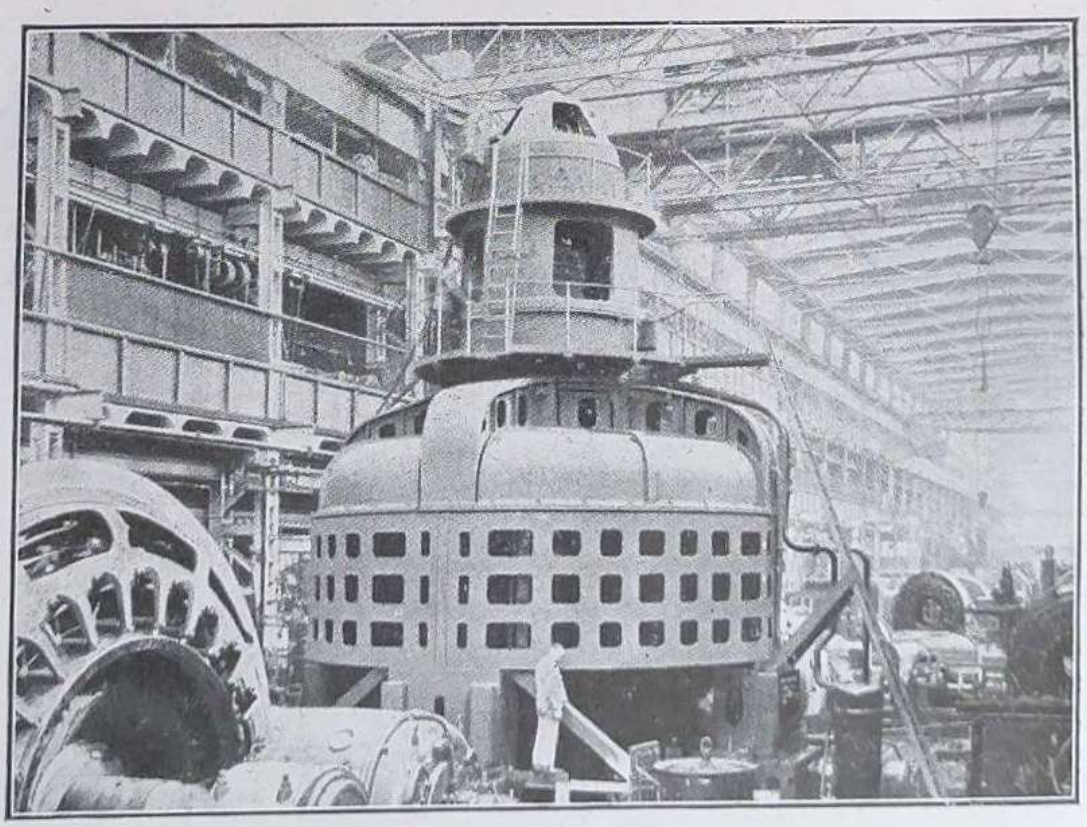
Uzmimo, da u nekom slučaju trebamo prenosni omjer 4 : 1. Pomislimo na usporedbu s polugom. Lijevo na primarnoj strani dolaze veliki titraji, a na desnoj strani, sekundarnoj izlaze mali titraji. Kod toga treba imati na umu, da se je napetost umanjila, ali istodobno se je jakost struje povećala, jer se energija ne može uništiti.



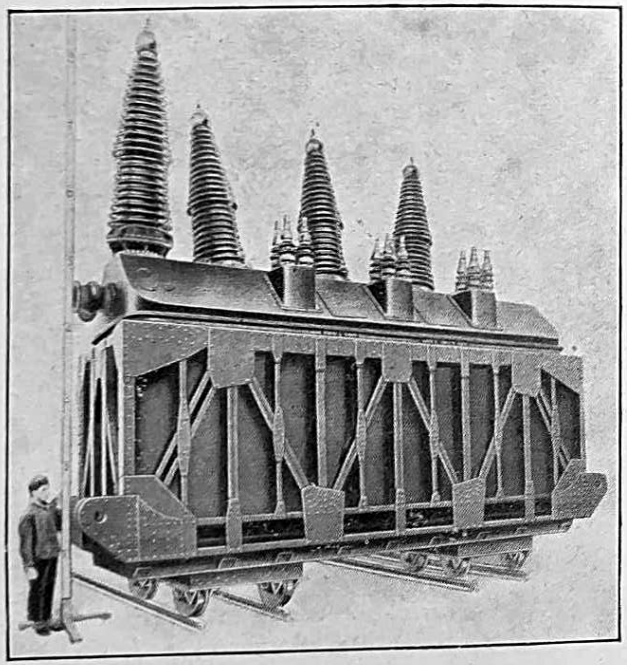
Rotirajući dio ogromnog dinamostroja



Parni turbogenerator



Dinamostroj tjeran vodenom turbinom. Visina 11.5 metara, promjer 7.5 metara, napetost 10.500 volta



Ogromni transformator za trofaznu struju

PROJEKT ELEKTRIFIKACIJE

SAVSKE BANOVINE

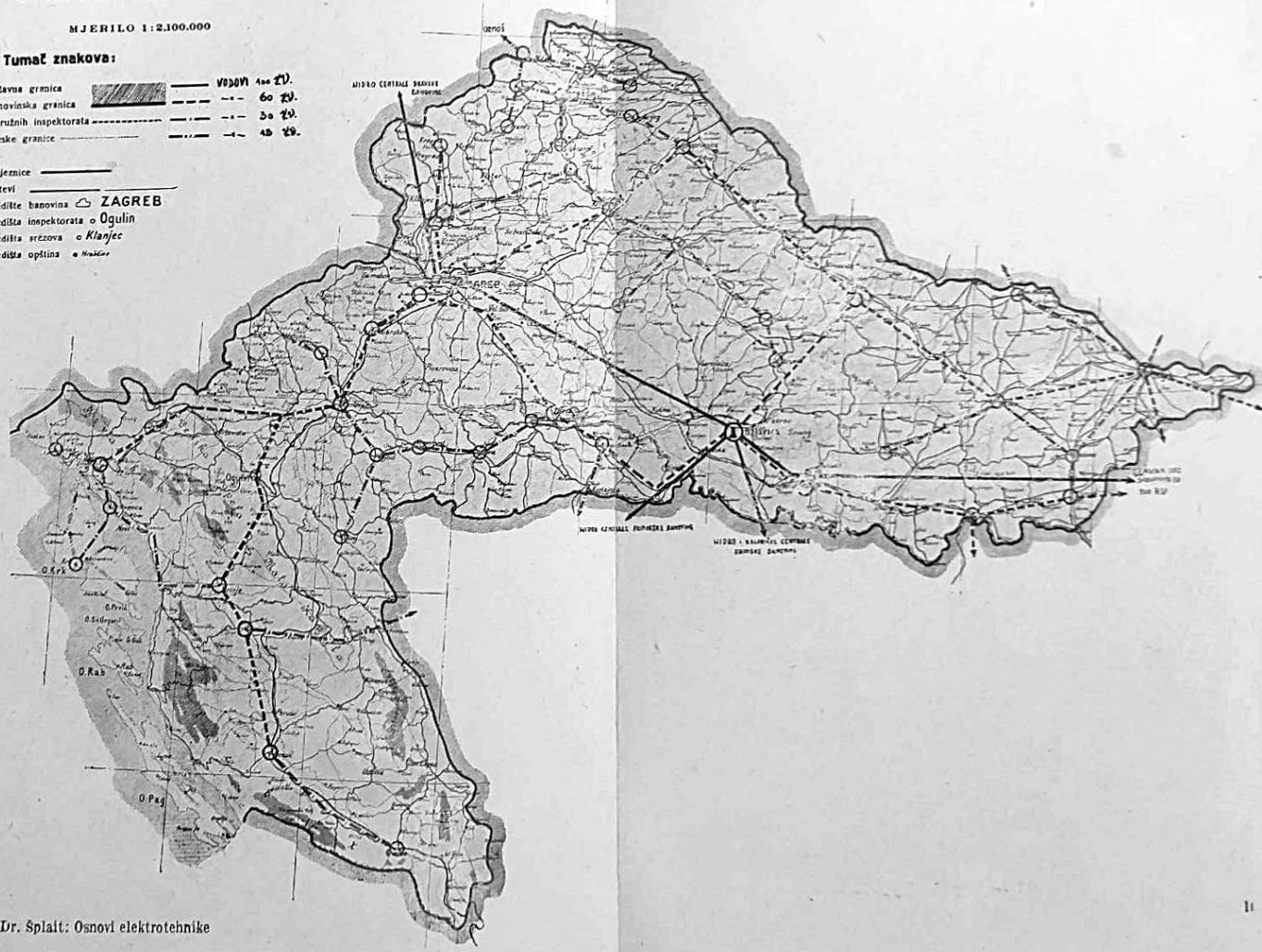
S VODOVIMA VISOKE NAPETOSTI

MJERILO 1:2,100.000

Tumač znakova:

Državna granica — VODOVI 100 kV.
Banovinska granica — 60 kV.
Okružnih inspektorata — 30 kV.
Sreske granice — 15 kV.

Željeznice
Putevi
Sjedište banovina ZAGREB
Sjedišta inspektorata Ogulin
Sjedišta srezova Klanjec
Sjedišta općina



NAKLADA KNJIŽARE ST. KUGLI, ZAGREB

Izvadak iz našeg popisa knjiga:

Cluss dr. Ad.: Proizvodnja žeste (br 649) D 25.—

Filković Gjuro: Elektromagnetični brzojav i telefon. Za poštanski i brzojavni tečaj (br. 1640) D 40.—

Fried J.: Priručna knjiga za kovinare, tokare, »frezere«, te slične zanate D 28.—

Građevni pristojbenik, vez. (br. 1016) D 180.—

Konić Drag.: Parni stroj (br. 1020) D 18.—

Konić Drag.: Parni kotao (br. 1021) D 18.—

Leaković: Šoferski ispit, pitanja i odgovori D 35.—

Radiošport. Godina I., kompletno D 120.—

Savremeni automobil motor razloživi model (br. 1311) D 30.—

Švajgar-Lončar: Željeznička vozila I dio lokomotiva (br. 2502) D 108.—

Varičak, Dr. Sv.: Počela fotografije (br. 952) D 20.—

Varičak, Dr. Sv.: Uvod u praktičnu primjenu elektriciteta (br. 953) D 20.—

Potpuni popis knjiga šaljemo na zahtjev badava

Preporučamo za nabavu:

G. ŠVAJGAR

ŽELJEZNIČKA VOZILA

I. DIO: LOKOMOTIVA

Ova je knjiga namijenjena u prvom redu strojovođima, strojovodskim kandidatima, ložačima, željezničkim pregledačima kola, poslovođima te željezničkim bravarima mašinske grane uopće. — Sa 134 slike i 2 table. — Cijena Din 10·—

U PRIPREMI:

II. DIO: TENDERI KOLA I KOČNICE

sa 269 slika i 3 table u istoj opremi kao I. dio

III. DIO: OSVJETLENJE I GRIJANJE VOZOVA

teorija lokomotivske funkcije i uputstva za praktičan rad strojovođa, ložača i pregledača kola, u istoj opremi kao gore spomenute knjige

NARUDŽBE PRIMA KNJIŽARA

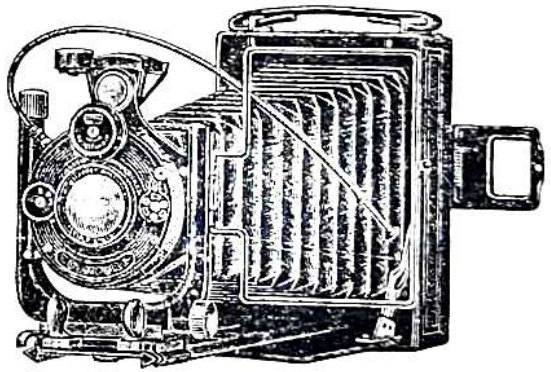
ST. KUGLI, ZAGREB, ILICA 30

TELEFON BROJ 4031, 6035

POČELA FOTOGRAFIJE

SASTAVIO

Dr S. VARIĆAK



(Broj 952) Cijena Din 20·—

NARUDŽBE PRIMA KNJIŽARA

ST. KUGLI - ZAGREB

ILICA 30 - TELEFON 4031, 6035